

MEMORIA 1

PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN EN REGADIO DE LA “VALL DE LA FIGUERA” DE FABARA



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL
- ZARAGOZA -

JUNIO 2012

Autor: Ricardo Balaguer Tarragó
Director: Ángel Santillán Lázaro
Especialidad de ELECTRICIDAD
PROYECTO DE FINAL DE CARRERA

DOCUMENTO 1: MEMORIA**ÍNDICE****MEMORIA 1**

1	MEMORIA DESCRIPTIVA	9
1.1	ANTECEDENTES.....	9
1.2	OBJETO DEL PROYECTO	9
1.3	TITULAR DE LAS INSTALACIONES.....	10
1.4	EMPLAZAMIENTO.....	10
1.5	DISTRIBUCIÓN DE LA INSTALACIÓN	10
1.6	NORMATIVA DE APLICACIÓN	10
1.7	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	13
2	INSTALACIONES M.T.	14
2.1	C.T. DE LA ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL	14
	2.1.1 PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA.....	14
	2.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL C.T.....	14
	2.1.2.1 Obra civil.....	14
	2.1.2.2 Instalación eléctrica.....	16
	2.1.2.3 Medida de la energía eléctrica.....	23
	2.1.2.4 Relés de protección, automatismos y control.....	23
	2.1.2.5 Descripción del sistema de tierras	24
	2.1.2.6 Instalaciones secundarias.....	25
	2.1.3 ANEXO DE CÁLCULOS.....	25
	2.1.3.1 Intensidad en Media Tensión	25
	2.1.3.2 Intensidad en Baja Tensión	26
	2.1.3.3 Cortocircuitos.....	26
	2.1.3.4 Dimensionado del embarrado.....	27
	2.1.3.5 Protección contra sobrecarga y cortocircuitos.....	28
	2.1.3.6 Dimensionado de los puentes de M.T.	28
	2.1.3.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación	28

2.1.3.8	Dimensionamiento del pozo apagafuegos.....	29
2.1.3.9	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	29
2.1.3.10	Justificación de las protecciones en la acometida aéreo-subterránea.....	36
2.2	C.T. DE LA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA BALSA GENERAL	38
2.2.1	PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA	38
2.2.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL C.T.....	38
2.2.2.1	Obra civil.....	38
2.2.2.2	Instalación eléctrica	40
2.2.2.3	Medida de la energía eléctrica.....	47
2.2.2.4	Relés de protección, automatismos y control	47
2.2.2.5	Descripción del sistema de tierras	47
2.2.2.6	Instalaciones secundarias.....	48
2.2.3	ANEXO DE CÁLCULOS.....	49
2.2.3.1	Intensidad en Media Tensión	49
2.2.3.2	Intensidad en Baja Tensión	49
2.2.3.3	Cortocircuitos.....	50
2.2.3.4	Dimensionado del embarrado	51
2.2.3.5	Protección contra sobrecarga y cortocircuitos.....	51
2.2.3.6	Dimensionado de los puentes de M.T.	52
2.2.3.7	Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación	52
2.2.3.8	Dimensionamiento del pozo apagafuegos.....	52
2.2.3.9	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	52
2.2.3.10	Justificación de las protecciones en la acometida aéreo-subterránea.....	60
2.3	C.T. DE LA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9	62
2.3.1	PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA	62
2.3.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL C.T.....	62
2.3.2.1	Obra civil.....	62
2.3.2.2	Instalación eléctrica	63
2.3.2.3	Medida de la energía eléctrica.....	64

2.3.2.4	Descripción del sistema de tierras	65
2.3.3	ANEXO DE CÁLCULOS.....	66
2.3.3.1	Intensidad en Media Tensión	66
2.3.3.2	Intensidad en Baja Tensión	66
2.3.3.3	Cortocircuitos.....	67
2.3.3.4	Dimensionamiento del embarrado.....	68
2.3.3.5	Selección de las protecciones en media y baja tensión.....	69
2.3.3.6	Dimensionado de la ventilación del C.T.....	70
2.3.3.7	Dimensionado del pozo apagafuegos	70
2.3.3.8	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	70
3	INSTALACIONES B.T.	76
3.1	ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL	76
3.1.1	POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	76
3.1.2	TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN	77
3.1.3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	77
3.1.3.1	Instalación de enlace	77
3.1.3.2	Cuadro de mando y protección, descripción de los equipos.....	78
3.1.3.3	Instalaciones interiores	81
3.1.3.4	Sistema de puesta a tierra	84
3.1.3.5	Receptores de alumbrado	87
3.1.3.6	Receptores a motor.....	87
3.1.3.7	Sistema de control	88
3.1.4	ANEXO DE CÁLCULOS.....	90
3.1.4.1	Justificación del cálculo del puente en B.T. entre el transformador y el cuadro de B.T.....	90
3.1.4.2	Fórmulas	91
3.1.4.3	Previsión de cargas	99
3.1.4.4	Cálculo de tierras	147
3.2	ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa GENERAL.....	150
3.2.1	POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	150
3.2.2	TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN	151
3.2.3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	151

3.2.3.1	Instalación de enlace	151
3.2.3.2	Cuadro de mando y protección, descripción de los equipos...	152
3.2.3.3	Instalaciones interiores	155
3.2.3.4	Sistema de puesta a tierra	158
3.2.3.5	Receptores de alumbrado	161
3.2.3.6	Receptores a motor.....	161
3.2.3.7	Sistema de control	162
3.2.4	ANEXO DE CÁLCULOS.....	164
3.2.4.1	Justificación del cálculo del puente en B.T. entre el transformador y el cuadro de B.T.....	164
3.2.4.2	Fórmulas	165
3.2.4.3	Previsión de cargas	173
3.2.4.4	Cálculo de tierras	179
3.3	ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9	181
3.3.1	POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	181
3.3.2	TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN	182
3.3.3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	182
3.3.3.1	Instalación de enlace	182
3.3.3.2	Cuadro de mando y protección, descripción de los equipos...	182
3.3.3.3	Instalaciones interiores	185
3.3.3.4	Sistema de puesta a tierra	188
3.3.3.5	Receptores de alumbrado	191
3.3.3.6	Receptores a motor.....	191
3.3.3.7	Automatización de los equipos de bombeo.....	192
3.3.4	ANEXO DE CÁLCULOS.....	194
3.3.4.1	Justificación del cálculo del puente en B.T. entre el transformador y el cuadro de B.T.....	194
3.3.4.2	Fórmulas	195
3.3.4.3	Previsión de cargas	204
3.3.4.4	Cálculo de tierras	207

MEMORIA 2

4	CÁLCULOS HIDRÁULICOS	210
---	----------------------------	-----

4.1 ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL	210
4.1.1 INTRODUCCIÓN.....	210
4.1.2 DOTACIONES.....	211
4.1.3 CÁLCULO DEL CAUDAL	213
4.1.4 ELECCIÓN DE LAS BOMBAS	214
4.1.5 FÓRMULAS A EMPLEAR	217
4.1.5.1 Funcionamiento de la Red TI sin bombeo.....	219
4.1.5.2 Funcionamiento de la Red TI con bombeo	222
4.1.6 TABLAS DE RESULTADOS Y GRÁFICAS DE TUBERÍAS..	223
4.1.7 COMPONENTES Y CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.....	240
4.1.8 DIMENSIONES Y PÉRDIDAS DE CARGA EN EL MATERIAL HIDRÁULICO	247
4.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa GENERAL.....	254
4.2.1 INTRODUCCIÓN.....	254
4.2.2 DOTACIONES.....	254
4.2.3 CÁLCULO DEL CAUDAL	256
4.2.4 ELECCIÓN DE LAS BOMBAS	256
4.2.5 FÓRMULAS A EMPLEAR	257
4.2.5.1 Funcionamiento de la Red TN sin bombeo	259
4.2.6 TABLAS DE RESULTADOS Y GRÁFICAS DE TUBERÍAS..	263
4.2.7 COMPONENTES Y CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.....	270
4.2.8 DIMENSIONES Y PÉRDIDAS DE CARGA EN EL MATERIAL HIDRÁULICO	275
4.3 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9	283
4.3.1 INTRODUCCIÓN.....	283
4.3.2 DOTACIONES.....	283
4.3.3 CÁLCULO DEL CAUDAL	285
4.3.4 ELECCIÓN DE LAS BOMBAS	285
4.3.5 FÓRMULAS A EMPLEAR	286
4.3.5.1 Localización de la Estación de Rebombeo TI-9.....	289
4.3.5.2 Características hidráulicas de las bombas	292

4.3.6	TABLAS DE RESULTADOS Y GRÁFICOS DE TUBERÍAS .	292
4.3.7	COMPONENTES Y CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.....	298
4.3.8	DIMENSIONES Y PÉRDIDA DE CARGA EN EL MATERIAL HIDRÁULICO	308
5	ESTUDIO DE SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE EN EL TRABAJO.....	316
5.1	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	316
5.1.1	INTRODUCCIÓN.....	316
5.1.2	DERECHOS Y OBLIGACIONES	316
5.1.2.1	Derecho a la protección frente a los riesgos laborales	316
5.1.2.2	Principios de la acción preventiva.....	316
5.1.2.3	Evaluación de los riesgos	317
5.1.2.4	Equipos de trabajo y medios de protección	318
5.1.2.5	Información, consulta y participación de los trabajadores	318
5.1.2.6	Formación de los trabajadores	318
5.1.2.7	Medidas de emergencia.....	318
5.1.2.8	Riesgo grave e inminente.....	318
5.1.2.9	Vigilancia de la salud	319
5.1.2.10	Documentación.....	319
5.1.2.11	Coordinación de actividades empresariales	319
5.1.2.12	Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.....	319
5.1.2.13	Protección de la maternidad.....	319
5.1.2.14	Protección de los menores	319
5.1.2.15	Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.....	320
5.1.2.16	Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.....	320
5.1.3	SERVICIOS DE PREVENCIÓN	320
5.1.3.1	Protección y prevención de riesgos profesionales.....	320
5.1.3.2	Servicios de prevención	321
5.1.4	CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	321
5.1.4.1	Consulta de los trabajadores	321
5.1.4.2	Derechos de participación y representación	321

5.1.4.3	Delegados de prevención	321
5.2	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO	322
5.2.1	INTRODUCCIÓN.....	322
5.2.2	OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO	322
5.2.2.1	Condiciones constructivas.....	322
5.2.2.2	Orden, limpieza, mantenimiento y señalización	323
5.2.2.3	Condiciones ambientales	323
5.2.2.4	Iluminación	324
5.2.2.5	Servicios higiénicos y locales de descanso	324
5.2.2.6	Material y locales de primeros auxilios.....	325
5.3	DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERÍA DE SEÑALIZACIÓN Y SALUD EN EL TRABAJO.....	326
5.3.1	INTRODUCCIÓN.....	326
5.3.2	OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.....	326
5.4	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.....	327
5.4.1	INTRODUCCIÓN.....	327
5.4.2	OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.....	327
5.4.2.1	Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo.....	328
5.4.2.2	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles	328
5.4.2.3	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas	329
5.4.2.4	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general	329
5.4.2.5	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta	330
5.5	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	332
5.5.1	INTRODUCCIÓN.....	332
5.5.2	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	332
5.5.2.1	Objeto	332

5.5.2.2	Características de la obra.....	332
5.5.2.3	Memoria de los centros de transformación	333
5.5.2.4	Medidas preventivas de carácter general en obras de construcción	337
5.5.2.5	Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio....	338
5.5.2.6	Normativa aplicable	344
5.5.3	DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS	345
5.6	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD ELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	346
5.6.1	INTRODUCCIÓN.....	346
5.6.2	OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO	346
5.6.2.1	Protectores de la cabeza	346
5.6.2.2	Protectores de manos y brazos	346
5.6.2.3	Protectores de pies y piernas	346
5.6.2.4	Protectores del cuerpo	347
6	CONCLUSIÓN	348

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 ANTECEDENTES

Debido a la problemática actual de la escasez de lluvias y el progresivo cambio climático que está incentivando más el problema, la comunidad de regantes “Vall de la figuera de Fabara” ha pensado en la realización de un proyecto de transformación de tierras de secano en regadío amparado en las obras del Pacto del Agua firmadas entre el Gobierno de Aragón y el Gobierno Estatal.

La comunidad de regantes, a través de una empresa externa la cual ha desarrollado el trazado de las tuberías una vez sabidas las personas interesadas en el proyecto, ha solicitado ahora a la Escuela de Ingenieros Técnicos Industriales de Zaragoza un estudio sobre las instalaciones necesarias para cubrir estas necesidades hídricas y un coste aproximado de las mismas.

El trazado consiste básicamente en una captación situada en el embalse de Mequinenza donde a través de unas electrobombas sumergibles el agua es impulsada a través de la tubería TI hacia la Balsa de Regulación situada en uno de los puntos de mayor altura de la zona, aunque con la impulsión de estas electrobombas no es suficiente como se justificará en el apartado de “Cálculos hidráulicos” más adelante. Señalar que en este proyecto no está incluida la “Estación de Captación de agua”, aunque si que se conocen los datos técnicos de las electrobombas sumergibles.

Con motivo de esto en el presente proyecto se ha realizado un cálculo hidráulico con el resultado de la necesidad de instalar 3 estaciones de rebombeo en diferentes puntos:

- La 1ª estación de rebombeo llamada de ahora en adelante “Estación de Rebombeo General” en la cual se han instalado 5 bombas centrífugas multicelulares horizontales de 160 kW cada una, además de otra con las mismas características para cubrir posibles averías y pensando en alguna posible ampliación futura.
- La 2ª estación de rebombeo situada en la Balsa de Regulación llamada “Estación de Rebombeo de la Balsa General” donde se han instalado 3 bombas centrífugas multicelulares horizontales de 55 kW cada una, además de otra con las mismas características para al igual que antes, cubrir posibles averías y pensando en alguna posible ampliación futura.
- La 3ª estación de rebombeo llamada “Estación de Rebombeo de la tubería TI-9” en la cual está una bomba centrífuga multicelular horizontal de 15 kW y 2 bombas centrífugas multifásicas de 75 kW.

Para dar servicio a estas estaciones de rebombeo se instalará al lado de cada una de ellas un centro de transformación, los cuales estarán alimentados por sus respectivas líneas aéreas de Media Tensión. Todos los centros de transformación son de punta o final de línea.

1.2 OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto definir los centros de transformación utilizados, además de la descripción y justificación técnica de las instalaciones eléctricas en Baja Tensión.

En el capítulo “4. Cálculos hidráulicos” se justifica la potencia de las bombas de las instalaciones de rebombeo, en base a la cual se realizarán los dimensionamientos de los centros de transformación.

Existe una línea aérea propiedad de Endesa-E.R.Z. de 15 kV a través de la cual se harán las correspondientes derivaciones para a través de línea aérea alimentar a los centros de transformación.

Señalar que las principales características de estos centros de transformación son:

- Centro de transformación de Abonado, de punta o fin de línea, con acometida subterránea y transformador de potencia de 1600 kVA para alimentar a la Estación de Rebombeo General.

- Centro de transformación de Abonado, de punta o fin de línea, con acometida subterránea y transformador de potencia de 400 kVA para suministro de la Estación de Rebombear de la Balsa General.
- Centro de transformación de Abonado, tipo intemperie, con transformador de potencia de 250 kVA para suministro de la Estación de Rebombear de la tubería TI-9.

1.3 TITULAR DE LAS INSTALACIONES

El peticionario y futuro titular de las citadas instalaciones es la comunidad de regantes "Vall de la Figuera" de Fabara.

1.4 EMPLAZAMIENTO

Las diferentes obras que se proyectan se encuentran situadas en el Término Municipal de Fabara, en concreto:

- La Estación de Rebombear General con su centro de transformación se van a hallar en el polígono 25 parcela de 238 dicho Término.
- La Estación de Rebombear de la Balsa General con su centro de transformación se van a hallar en el polígono 45 parcela 56 de dicho Término.
- La Estación de Rebombear de la tubería TI-9 con su centro de transformación de intemperie en el polígono 39 parcela 134 de dicho Término.

La Situación y el Emplazamiento se observan en los planos que van del 1.1 al 1.3 del presente Proyecto.

1.5 DISTRIBUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El presente proyecto está distribuido en 3 bloques:

- Instalación eléctrica de M.T.
- Instalación eléctrica de B.T.
- Cálculos hidráulicos.

1.6 NORMATIVA DE APLICACIÓN

La normativa referente a las instalaciones de M.T. es:

Normas generales:

- **Reglamento de L.A.A.T.** Aprobado por Decreto 3.151/1968, de 28 de noviembre, B.O.E. de 27-12-68.
- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.
- **Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión** aprobado por Decreto de 28/11/68.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** B.O.E. 25-10-84.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982.** Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.** Aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT.** Aprobadas por Orden del MINER de 18 de Septiembre de 2002.
- **Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias.** Hasta el 10 de Marzo de 2000.
- **Autorización de Instalaciones Eléctricas.** Aprobado por Ley 40/94, de 30 de Diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-94.
- **Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre,** por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
- **Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio,** sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- **Ley de Regulación del Sector Eléctrico,** Ley 54/1997 de 27 de Noviembre.
- **Ley 10/1996, de 18 de marzo** sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de octubre.
- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, UNESA.
- Guía de aplicación de pararrayos autoválvulas UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

Normas y recomendaciones del diseño del edificio:

- **CEI 61330 UNE-EN 61330** para centros de transformación prefabricados.
- **RU1303A** para centros de transformación prefabricados de hormigón.
- **NBE-X** normas básicas de la edificación.

Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica:

- **CEI 60694 UNE-EN 60694** estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de Alta Tensión.
- **CEI 61000-4-X UNE-EN 61000-4-X** compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

- **CEI 60298 UNE-EN 60298** aparataje bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- **CEI 60129 UNE-EN 60129** seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- **RU 6407B** aparataje prefabricada bajo envolvente metálica con dieléctrico de Hexafluoruro de Azufre SF₆ para Centros de Transformación de hasta 36 kV.
- **CEI 60265-1 UNE-EN 60265-1** interruptores de Alta Tensión. Parte 1: Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

- **CEI 60076-X UNE-EN 60076-X** transformadores de potencia.
- **UNE 20101-X-X** transformadores de potencia.

Normas y recomendaciones de diseño de transformadores (secos):

- **UNE 20178** transformadores de potencia tipo seco.
- **RU 5207A** transformadores trifásicos secos, de tipo encapsulado, para distribución en Baja Tensión.
- **UNE 21538-X** Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en Baja Tensión de 100 kVA a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.

En cuanto a la normativa referente a las instalaciones de B.T., es decir a las estaciones de rebombeo, sería:

- **Ley 7/1994, de 18 de mayo**, de Protección Ambiental.
- **Reglamento de Calificación Ambiental.**
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias** (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- **Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre**, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- **NBE CPI-96** de Protección contra Incendios en los Edificios.
- **NBE CA-88** de Condiciones Acústicas en los Edificios.
- **NBE CT-79** de Condiciones Térmicas en los Edificios.
- **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.**
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte.

La normativa a cumplir referente a las condiciones de trabajo es:

- **Ley 31/1995, de 8 de noviembre**, de Prevención de Riesgos Laborales.
- **Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997**, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- **Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997**, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997**, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997**, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997**, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de

protección individual.

1.7 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Sería el siguiente:

Acometida subterránea y C.T. prefabricado de 1600 kVA	108286.23 €
Instalación de B.T. de la Estación de Rebombao General	128051.18 €
Material de la instalación de riego en la Estación	42306.25 €
Acometida subterránea y C.T. prefabricado de 400 kVA	63077.26 €
Instalación de B.T. de la E.R. de la Balsa General	47452.81 €
Material de la instalación de riego en la Estación	13282.25 €
C.T. de intemperie de 250 kVA	17058.25 €
Instalación de B.T. de la E.R. de la tubería TI-9	38767.73 €
Material de la instalación de riego en la Estación	11358.25 €
TOTAL...	469640.21 €

El presupuesto viene mejor y explicado en el tomo "Presupuesto" del presente proyecto.

INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN

2 INSTALACIONES M.T.

2.1 C.T. DE LA ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL (C.T.1)

2.1.1 PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA

Se precisa el suministro de energía eléctrica para alimentar a la estación de bombeo general, a una tensión de 400/230 V y con una potencia máxima instalada de 1014.867 kW.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este centro de transformación es de 1600 kVA.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL C.T.

La alimentación al Centro de Transformación se realizará mediante una línea aérea de media tensión con conversión aéreo-subterránea en el apoyo final, todavía en proyecto. El cable de la acometida del Centro de Transformación será de aluminio 3x1x95 DHZ1 12/20 kV.

Las principales características eléctricas del Centro de Transformación son las siguientes:

- Tensión nominal 24 kV
- Tensión de servicio 15 kV
- Número de fases 3
- Frecuencia 50 Hz
- Intensidad nominal de celdas 630 A

El centro de transformación tendrá capacidad para un transformador de 1600 kVA, dispondrá de una celda de línea, una celda de seccionamiento, una celda de protección general y una celda de medida.

2.1.2.1 Obra civil

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

2.1.2.1.1 Características de los materiales

Edificio de Transformación: **PF-302**

- Descripción

Los Centros de Transformación PF, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), están formados por distintos elementos prefabricados de hormigón, que se ensamblan en obra para constituir un edificio, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos.

Estos Centros de Transformación pueden ser fácilmente transportados para ser instalados en lugares de difícil acceso gracias a su estructura modular.

La fabricación seriada de todos los elementos empleados en la construcción y el Sistema de Calidad de ORMAZABAL garantizan una calidad uniforme en todos los Centros de Transformación.

- Envolvente

Los paneles que forman la envolvente están compuestos por hormigón armado vibrado y tienen las inserciones necesarias para su manipulación.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

El transformador va ubicado sobre una "Meseta de Transformador" diseñada específicamente para distribuir el peso del mismo uniformemente sobre la placa base y recoger el volumen de líquido refrigerante del transformador ante un eventual derrame.

La placa base está formada por una losa de forma rectangular con una serie de bordes elevados, que se une en sus extremos con las paredes. En su perímetro se sitúan los orificios de paso de los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

- Placa piso

Sobre la placa base, y a una altura de unos 500 mm, se sitúa la placa piso, que se apoya en un resalte interior de las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

- Accesos

En las paredes frontal y posterior se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas de transformador (ambas con apertura de 180°) y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso de peatón disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que ancla la puerta en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la inferior.

- Ventilación

Las rejillas de ventilación están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación, e interiormente se complementa con una rejilla con malla mosquitera.

- Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura de color blanco en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Transformación PF es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función del modelo y de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de unos 100 mm de espesor.

- Características detalladas

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Especial
Puertas de acceso peatón:	1 puerta

Dimensiones exteriores

Longitud:	4880 mm
Fondo:	2620 mm
Altura:	3600 mm
Altura vista:	3000 mm
Peso:	18500 kg

Dimensiones interiores

Longitud:	4720 mm
Fondo:	2460 mm
Altura:	2700 mm

Dimensiones de la excavación

Longitud:	5680 mm
Fondo:	3420 mm
Profundidad:	700 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

2.1.2.2 Instalación eléctrica***2.1.2.2.1 Características de la red de alimentación***

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 15 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 519,6 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 20 kA eficaces.

2.1.2.2.2 Características de la aparamenta de M.T.

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación.

Celdas: **CGMcosmos**

Las celdas CGMcosmos forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso (para la altura de 1740 mm), y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

En su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puesta a tierra, tubos portafusible).

- Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CGMcosmos tiene tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

- Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual.

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMcosmos es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

- Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGMcosmos son las siguientes:

Tensión nominal	24 kV
Nivel de aislamiento	
Frecuencia industrial (1 min)	
a tierra y entre fases	50 kV
a la distancia de seccionamiento	60 kV
Impulso tipo rayo	
a tierra y entre fases	125 kV
a la distancia de seccionamiento	145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

2.1.2.2.3 Características descriptivas de las celdas y transformadores de M.T.

Celda de línea: **CGMcosmos-L Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMcosmos-L de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	630 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	21 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	52,5 kA

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV

Capacidad de cierre (cresta):	52,5 kA
-------------------------------	---------

Capacidad de corte

- Corriente principalmente activa: 630 A

- Características físicas:

Ancho:	365 mm
Fondo:	735 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	95 kg

- Otras características constructivas :

- Mando interruptor: motorizado tipo BM

Celda de seccionamiento cliente: **CGMcosmos-IP Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características: (Cuidadito que aquí debemos hacer algún cambio)

La celda CGMcosmos-IP de seccionamiento cliente, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, en el embarrado de la celda, con objeto de permitir la interrupción en carga (separación en dos partes) del embarrado principal del Centro de Transformación.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	630 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	21 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	52,5 kA

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV

- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 52,5 kA
- Capacidad de corte
 - Corriente principalmente activa: 630 A
- Características físicas:
 - Ancho: 365 mm
 - Fondo: 735 mm
 - Alto: 1740 mm
 - Peso: 95 kg
- Otras características constructivas:
 - Mando interruptor: motorizado tipo BM

Celda de protección general: **CGMcosmos-V Interruptor automático de vacío**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMcosmos-V de interruptor automático de vacío está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:
 - Tensión asignada: 24 kV
 - Intensidad asignada: 630 A
 - Nivel de aislamiento
 - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
 - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
 - Capacidad de cierre (cresta): 52,5 kA
 - Capacidad de corte en cortocircuito: 20 kA
- Características físicas:
 - Ancho: 480 mm
 - Fondo: 850 mm
 - Alto: 1740 mm
 - Peso: 218 kg
- Otras características constructivas:
 - Mando interruptor automático: manual RAV
 - Relé de protección: ekorRPG
 - Cajón de control: SI

Respecto al relé de protección ekoRPG, decir que es una unidad de protección, medida y control, integrados en celdas de interruptor automático de Ormazabal para protección general. Sus características técnicas vienen expresadas en el siguiente cuadro:

Características técnicas			
General	Captadores de intensidad de fase		3
	Captador homopolar de intensidad de tierra		1 [opcional]
	Entradas digitales		1 [disparo exterior]
	Salidas digitales		2
Opciones de Alimentación	Autoalimentación	[A, Vca]	> 5, 230 \pm 30%
	CA	[Vac...Vac]	24 ... 110 \pm 30%
	DC	[Vdc...Vdc]	24 ... 125 \pm 30%
	Consumo	[VA]	< 1
Frecuencia		[Hz; Hz]	50; 60 \pm 1%
Entradas de Intensidad	Fase primaria	[A ... A]	5 ... 630 [a/ modelo]
	Tierra	[A ... A]	0,5 ... 50 [a/ modelo]
	Térmica/dinámica	[kA/kA]	20 / 50
	Impedancia	[Ω]	0,1
Precisión	Temporización		5% [mínimo 20 ms]
	Medida / Protección		Clase 1 / SP20
Contactos de salida	Tensión	[Vca]	250
	Intensidad	[A]	10 (CA)
	Potencia conmutación	[VA]	500 (carga resistiva)
Medidas	Intensidad		Función Amperímetro
Funciones de Protección	Sobrecorriente de fase		S0-S1
	Sobrecorriente de fuga a tierra		S0N-S1N
	Ultrasensible de fuga a tierra		S0Ns-S1Ns
	Termómetro (disparo exterior)		4PT
Comunicaciones	Puerto frontal configuración		DB9 RS232
	Puerto trasero telecontrol		RS485 (5 kV) – RJ45
	Protocolo		MODBUS (RTU)
	Programa de ajuste y monitorización		ekoRPGT [opcional]
Indicaciones	Indicación de motivo de disparo		
	Indicación de error		
	Historico		
Comprobación (test)	Bloque de pruebas para inyección de intensidad		
	Contacto de salida para test		

Celda de medida: **CGMcosmos-M Medida**

Celda con envoltorio metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMcosmos-M de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se

utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- Características eléctricas:

Tensión asignada: 24 kV

- Características físicas:

Ancho: 800 mm

Fondo: 1025 mm

Alto: 1740 mm

Peso: 165 kg

- Otras características constructivas:

- Transformadores de medida: 3 TT y 3 TI

De aislamiento seco y contruidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

a) Transformadores de tensión

- Relación de transformación: $(15000/\sqrt{3}) / (110/\sqrt{3}) - (110/\sqrt{3})$ V
- Sobretensión admisible en permanencia: 1,2 Un en permanencia y 1,9 Un durante 8 horas
- Medida
 - Potencia: 50 VA
 - Clase de precisión: 0,5
- Protección
 - Potencia: 25 VA
 - Clase de precisión: 3 P

b) Transformadores de intensidad

- Relación de transformación: 60 / 5 - 5 A
- Intensidad térmica: 200 In
- Sobreint. admisible en permanencia: $F_s \leq 5$
- Medida
 - Potencia: 15 VA
 - Clase de precisión: 0,5
- Protección
 - Potencia: 30 VA
 - Clase de precisión: 5 P 10

Transformador: **Transformador seco 24 kV**

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 1600 kVA y refrigeración natural seco, de tensión primaria 16 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

- Otras características constructivas:

Regulación en el primario:	+/- 2.5%, +/- 5%
Tensión de cortocircuito (Ecc):	6%
Grupo de conexión:	Dyn11
Protección incorporada al transformador:	Sin protección propia

2.1.2.2.4 Características descriptivas de los cuadros de Baja Tensión

Cuadro de Baja Tensión: **Interruptor automático BT**

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto de apartamento de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

Según la compañía suministradora, la norma de E.R.Z. 901581 tiene por objeto establecer las características que deben poseer los Cuadros de distribución de Baja Tensión (400 V de tensión nominal) Modulares, utilizados en los Centros de Transformación, tipo interior, para intensidades iguales o inferiores a 400 A por salida.

El cuadro contendrá un sistema de seccionamiento en el embarrado general y bases tripolares verticales, según Recomendación UNESA 6301 A.

Los módulos se clasifican en los 2 tipos siguientes:

- Módulo de acometida tipo AC4 (este 4 significa que tiene 4 salidas).
- Módulo de ampliación AM4 (al igual que en el anterior, la cifra final significa el número de salidas).

Contando con ambos módulos, el cuadro tiene las siguientes características:

- Un interruptor general automático diferencial marca Merlin Gerin o similar modelo Compact NS2500 con unidad de control Micrologic 7.0 A, intensidad de regulación 2000 A de IV polos, poder de corte de 85 kA.
- 8 Salidas formadas por bases portafusibles de 630 A.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A / 250 V.
- Bornas (alimentación a alumbrado) y pequeño material.

- Características eléctricas

Tensión asignada: 440 V

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases:	10 kV
entre fases:	2,5 kV
- Impulso tipo rayo:

a tierra y entre fases:	20 kV
-------------------------	-------

Dimensiones:

Altura:	900 mm
Anchura:	1020 mm
Fondo:	300 mm

2.1.2.2.5 Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT - Transformador: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K-152.

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - Transformador: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Cu (aislamiento de polietileno reticulado) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 5xfase + 3xneutro.

- Defensa de transformadores:

Defensa del Transformador: **Protección física transformador**

Protección metálica para defensa del transformador.

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

2.1.2.3 Medida de la energía eléctrica

El conjunto consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

Según la norma 580007.5 de E.R.Z., la potencia mínima y máxima admisibles en los equipos de medida en M.T. según las intensidades y tensiones primarias normalizadas de los transformadores de medida es de 856.35 y 2055.24 kW respectivamente.

2.1.2.4 Relés de protección, automatismos y control

COMPARTIMENTO DE CONTROL

- 1 Módulo metálico adosado en la parte superior frontal de la celda de interruptor automático de vacío para la protección general, que contiene en su interior debidamente montados y conexicionados los siguientes aparatos y materiales:
 - 1 Relé de protección de sobreintensidad y cortocircuito de fases de características inversa regulable e instantánea (3x50/51), para compañía ERZ.
 - 1 Relé de protección de sobreintensidad de neutro (67N), polarizado en tensión para compañía ERZ.
 - 1 Equipo cargador batería autónomo, con las siguientes características técnicas:

Tensión de red:	220 Vca, / 50 Hz
Tensión de salida:	48 Vcc
Potencia permanencia:	15 W
Corriente puntas:	3 A 15 seg
Autonomía:	3 h a 15 W

- 1 Resistencia variable de 125 Ohm y 600 W
- 1 Piloto rojo
- 4 Bloques de pruebas de 2 elementos para protección de los secundarios de los transformadores de intensidad.
- 1 Interruptor automático magnetotérmico II para protección de los circuitos de control.
- 1 Interruptor automático monofásico con chimenea y marco.
- s/n Bornas de conexión, accesorios y pequeño material.

Nota: 1 Transformador de intensidad toroidal de relación 20/1 A, impedancia de carga nominal

0,1 Ohm, situado en el foso de cables.

2.1.2.5 Descripción del sistema de tierras

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que se pueden originar en la propia instalación. Esta instalación de puesta a tierra deberá asegurar la descarga a tierra de la instalación de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas de paso, y de contacto con las masas eventualmente en tensión.

Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra en el CT son:

- Líneas de tierra.
- Electrodo de puesta a tierra.

Las líneas de tierra estarán constituidas por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material no ferromagnético. En todo caso, la sección mínima será de 50 mm² para conductores de cobre.

Los electrodos de puesta a tierra estarán constituidos por "picas de acero-cobre" y/o "conductores enterrados horizontalmente de cobre de 50 mm²". Las picas se hincarán verticalmente quedando la parte superior a una profundidad no inferior a 0,5 m. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad de 0,8 m. Los electrodos horizontales se enterrarán a una profundidad igual a la de la parte superior de las picas.

La instalación de puesta a tierra cumplirá los siguientes requisitos:

- Llevará un borne accesible para la medida de la resistencia de tierra.
- Todos los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra estarán protegidos, adecuadamente, contra el deterioro por acciones mecánicas o de cualquier otro índole.
- Los elementos conectados a tierra no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.

2.1.2.5.1 Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolturas de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la

armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

2.1.2.5.2 Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

2.1.2.6 Instalaciones secundarias

- Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

- Protección contra incendios

Según la MIE-RAT 14 al ser el transformador de aislamiento seco no es necesario instalar sistemas de protección contra incendios, aunque deberá instalarse de forma que el calor generado no suponga riesgo de incendio para los materiales próximos.

- Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

2.1.3 ANEXO DE CÁLCULOS

2.1.3.1 Intensidad en Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (\sqrt{3} \times U_p) \quad (2.1.3.1a)$$

donde:

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

S	potencia aparente del transformador [kVA]
Up	tensión en el primario del transformador [kV]
Ip	intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 15 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 1600 kVA.

$$I_p = 61.58 \text{ A}$$

2.1.3.2 Intensidad en Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 1600 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío, aunque para los cálculos en baja tensión se va a considerar una tensión en el secundario del transformador de 400 V.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = S / (\sqrt{3} \times U_s) \quad (2.1.3.2a)$$

donde:

S	potencia aparente del transformador [kVA]
Us	tensión en el secundario [kV]
Is	intensidad en el secundario [A]

La intensidad de salida del secundario puede alcanzar el valor

$$I_s = 2309.4 \text{ A}$$

2.1.3.3 Cortocircuitos

2.1.3.3.1 Observaciones

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 519.6 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

2.1.3.3.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de media tensión, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (\sqrt{3} \times U_p) \quad (2.1.3.3.2a)$$

donde:

S _{cc}	potencia de cortocircuito de la red [MVA]
Up	tensión de servicio [kV]
I _{ccp}	corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = (100 \times S) / (\sqrt{3} \times E_{cc} \times U_s) \quad (2.1.3.3.2b)$$

donde:

S	potencia de transformador [kVA]
E _{cc}	tensión de cortocircuito del transformador [%]
U _s	tensión en el secundario [V]
I _{ccs}	corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión [kA]

2.1.3.3.3 Cortocircuito en el lado de M.T.

Utilizando la expresión 2.1.3.3.2a, en el que la potencia de cortocircuito es de 519.6 MVA y la tensión de servicio 15 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 20 \text{ kA}$$

2.1.3.3.4 Cortocircuito en el lado de B.T.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 1600 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y tomando como tensión secundaria 400 V, la intensidad de cortocircuito en el lado de BT según la fórmula 2.1.3.3.2b:

$$I_{ccs} = 38.49 \text{ kA}$$

2.1.3.4 Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

2.1.3.4.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

2.1.3.4.2 Comprobación por solicitud electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.1.3.3.2a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 50 \text{ kA}$$

2.1.3.4.3 Comprobación por solicitud térmica a cortocircuito

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 20 \text{ kA}$$

2.1.3.5 Protección contra sobrecarga y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

En este caso, la protección de este transformador se realiza por medio de una celda de interruptor automático, que proporciona todas las protecciones al transformador, bien sea por sobrecargas, faltas a tierra o cortocircuitos, gracias a la presencia de un relé de protección. En caso contrario, se utilizan únicamente como elemento de maniobra de la red.

El interruptor automático posee capacidad de corte tanto para las corrientes nominales, como para los cortocircuitos antes calculados.

La celda de protección de este transformador incorpora un relé de protección.

2.1.3.6 Dimensionado de los puentes de M.T.

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 61,6 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 235 A para un cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

2.1.3.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{Cu} + W_{Fe}) / [0.24 \times K \times \sqrt{(h \times \Delta T^3)}] \quad (2.1.3.7a)$$

donde:

W_{Cu}	pérdidas en el cobre del transformador [kW]
W_{Fe}	pérdidas en el hierro del transformador [kW]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
ΔT	aumento de temperatura del aire [°C]
S_r	superficie mínima de las rejillas de entrada [m ²]

No obstante, y aunque es aplicable esta expresión a todos los Edificios Prefabricados de ORMAZABAL, se considera de mayor interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación hasta las potencias indicadas, dejando la expresión para valores superiores a los homologados.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 92202-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA
- 99827-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

2.1.3.8 Dimensionamiento del pozo apagafuegos

Al no haber transformadores de aceite como refrigerante, no es necesaria la existencia de pozos apagafuegos.

2.1.3.9 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

2.1.3.9.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 200 Ohm-m.

2.1.3.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 5.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.5.

Tiempo máximo del reenganchador (s): 0.3.

Tiempo total a contar (s): 0.8.

2.1.3.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a

tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Intensidad máxima de defecto que se puede producir en una línea de distribución de M.T. es:

$$I_{d \text{ max cal.}} = \sqrt{3} \times U_n \times w \times (C_a \times L_a + C_c \times L_c) \quad (2.1.3.9.3a)$$

donde:

U_n	Tensión de servicio [kV]
L_a	Longitud de las líneas aéreas [km]
L_c	Longitud de las líneas subterráneas [km]
C_a	Capacidad de las líneas aéreas [0.006 mF/km]
C_c	Capacidad de líneas subterráneas [0.250 mF/km]
$I_{d \text{ max cal.}}$	Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d \text{ max}}$ en este caso será, según la fórmula 2.1.3.9.3a:

$$I_{d \text{ max cal.}} = 6.04 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \text{ max}} = 5 \text{ A}$$

2.1.3.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 15 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Longitud de líneas aéreas $L_a = 40 \text{ km}$
- Longitud de líneas subterráneas $L_c = 2 \text{ km}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 5 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 8000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 200 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \times R_t \leq V_{bt} \quad (2.1.3.9.4a)$$

donde:

I_d	intensidad de falta a tierra [A]
R_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
V_{bt}	tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = [\sqrt{3} \times U_n \times w \times (C_a \times L_a + C_c \times L_c)] / \sqrt{1 + (w \times C_a \times L_a + w \times C_c \times L_c)^2 \times (3 \times R_t)^2}$$

(2.1.3.9.4b)

donde:

U_n	tensión de servicio [V]
w	pulsación del sistema ($w = 2 \cdot \pi \cdot f$)
C_a	capacidad de las líneas aéreas (0.006 mF/km)
L_a	longitud de las líneas aéreas [km]
C_c	capacidad de las líneas subterráneas (0.250 mF/km)
L_c	longitud de las líneas subterráneas [km]
R_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
I_d	intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 2.31 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 3458.52 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq R_t / R_o \quad (2.1.3.9.4c)$$

donde:

R_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
K_r	coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 17.29$$

Señalar que es recomendable que el valor máximo de resistencia no supere los 15 Ω , aunque en este caso por recomendación de la empresa suministradora ERZ, es recomendable que no supere los 10 Ω .

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 60-60/8/84
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 6.0x6.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0.8 m
- Número de picas: ocho
- Longitud de las picas: 4 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0.05$
- De la tensión de paso $K_p = 0.0074$
- De la tensión de contacto $K_c = 0.0190$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adoptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \times R_o \quad (2.1.3.9.4d)$$

donde:

- K_r coeficiente del electrodo
- R_o resistividad del terreno en [$\Omega \cdot m$]
- R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ω]

por lo que para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 10 \Omega$$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.1.3.9.4b):

$$I'd = 6.04 A$$

2.1.3.9.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \times R_o \times I'_d \quad (2.1.3.9.5a)$$

donde:

K_p	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_p	tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

$$V'_p = 8.94 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

2.1.3.9.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \times I'_d \quad (2.1.3.9.6a)$$

donde:

R'_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_d	tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'_d = 60.4 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \times R_o \times I'_d \quad (2.1.3.9.6b)$$

donde:

K_c	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'd$ intensidad de defecto [A]

V_p tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'c = 22.95 \text{ V}$$

2.1.3.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Se ha considerado como tiempo de despeje de la falta 0.5 seg. En el caso de que el elemento que elimina la falta disponga de reenganche automático rápido (inferior a 0.5 seg.) el tiempo a considerar "t" será la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de defecto. En este caso se ha considerado un tiempo para el reenganche máximo de 0.3 seg.

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0.8 \text{ seg}$
- $K = 72$
- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = [(10 \times K) / t^n] \times [1 + (6 \times R_o) / 1000] \quad (2.1.3.9.7a)$$

donde:

K coeficiente
 t tiempo total de duración de la falta [s]
 n coeficiente
 R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
 V_p tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso

$$V_p = 1980 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p \text{ acc}} = [(10 \times K) / t^n] \times \{1 + [(3 \times R_o) \times (3 \times R'_o)] / 1000\} \quad (2.1.3.9.7b)$$

donde:

K coeficiente
 t tiempo total de duración de la falta [s]
 n coeficiente
 R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
 R'_o resistividad del hormigón en [Ohm·m]

$V_{p\text{ acc}}$ tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que, para este caso

$$V_{p(\text{acc})} = 9540 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 8.94 \text{ V} < V_p = 1980 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_{p(\text{acc})} = 22.95 \text{ V} < V_{p(\text{acc})} = 9540 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 60.4 \text{ V} < V_{bt} = 8000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 4 \text{ A} < I_{dm} = 5 \text{ A} < I'_d = 6.04 \text{ A}$$

donde:

I_a intensidad de arranque del relé de protección de la línea de M.T. [A]

I_{dm} limitación de la intensidad a tierra, en este caso por parte de la compañía [A]

I'_d intensidad de defecto real calculada [A]

2.1.3.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = (R_o \times I'_d) / (2000 \times \pi) \quad (2.9.8.a)$$

donde:

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$D = 0,19 \text{ m}$$

Pese a que haya salido esta distancia, según las normas de E.R.Z. la distancia mínima de separación entre el sistema de tierras de protección y el sistema de tierras de servicio será de 20 m.

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/46 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: cuatro
- Longitud entre picas: 9 metros
- Profundidad de las picas: 0.5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,04$
- $K_c = 0,0061$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

Sin embargo, según las normas de E.R.Z., se dispondrán tantas picas como sean necesarias para conseguir una resistencia de neutro máxima de 10 Ω .

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,04 \cdot 200 = 8 < 10 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

2.1.3.9 Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de " K_r " inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

2.1.3.10 Justificación de las protecciones en la acometida aéreo-subterránea

En el apoyo final encontramos los siguientes los siguientes elementos:

- SECCIONADORES I con mando por pértiga tipo Loadbuster. $U_n = 24 \text{ kV}$; $I_n = 630 \text{ A}$; $I_{th} \geq 20 \text{ kA}$ (1 seg); $I_d = 50 \text{ kA}$.

- CORTACIRCUITOS FUSIBLES I. Bases portafusibles: $U_n = 24 \text{ kV}$; $I_n = 400 \text{ A}$. Cartuchos fusibles: $U_n = 24 \text{ kV}$; $I_n \text{ de corte} = 30 \text{ kA}$; $I_n = 125 \text{ A}$.
- PARARRAYOS AUTOVÁLVULAS. Clase: 10 kA . $U_{\text{asignada}} = 18 \text{ kV}$.
- BOTELLAS TERMINALES. Aislamiento 24 kV .

Por reseñar un poco en el proceso de elección de la autoválvula decir que se ha elegido del tipo de óxidos metálicos. Dentro de este tipo y teniendo en cuenta que estamos hablando de una conexión con neutro aislado se tiene que cumplir que:

$$U_c \geq U_{\text{máx}} / T_c$$

en donde:

U_c Se define como la tensión máxima que se puede aplicar al pararrayos de forma continua sin que en el mismo se origine una corriente de fuga que pueda dañar de alguna manera al pararrayos.

$U_{\text{máx}}$ Es la tensión máxima entre fases prevista en la instalación.

T_c Es el factor de sobretensión temporal, que se selecciona en función de la duración máxima de la sobretensión según el gráfico adjunto. Normalmente se considera 1.2.

Para una línea de M.T. de tensión nominal 15 kV , se considera la máxima tensión entre fases de 16.5 kV .

Pero lo básico para saber si la elección de una autoválvula es correcta e calcular su margen de protección mediante la siguiente expresión:

$$\text{Margen de protección (PM)} = \{[\text{Nivel de aislamiento (NA)}/\text{Nivel de protección (NP)}] - 1\} \times 100$$

donde:

NA Representa la tensión soportada a impulsos tipo rayo por el equipo. Su valor se obtiene de la Tabla 1 del capítulo 12 del Reglamento sobre Centrales Eléctricas, subestaciones y centros de transformación (RCE).

NP Este valor ya se obtiene de la hoja de “Características de Funcionamiento” proporcionada por el fabricante. En el caso concreto de una del tipo óxidos metálicos se tiene que elegir el mayor de los siguientes valores:

- Valor máximo de la tensión residual con onda $8/20 \text{ }\mu\text{seg}$. Y de corriente de descarga 10 kA .
- Valor máximo de la tensión residual equivalente al frente de onda dividido por 1.15.

Se recomienda que el margen de protección debe ser superior al 30%.

Fijándonos en la hoja de “Características de funcionamiento” y sustituyendo los valores nos sale:

$$PM = \{[75/50.4] - 1\} \times 100 = 48.81\% \geq 30\% \rightarrow \text{Elección correcta}$$

2.2 C.T. DE LA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa GENERAL (C.T.2)

2.2.1 PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA

Se precisa el suministro de energía eléctrica para alimentar a la estación de bombeo general, a una tensión de 400/230 V y con una potencia máxima instalada de 264.49 kW.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este centro de transformación es de 400 kVA.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL C.T.

La alimentación al Centro de Transformación se realizará mediante una línea aérea de media tensión con conversión aéreo-subterránea en el apoyo final, todavía en proyecto. El cable de la acometida del Centro de Transformación será de aluminio 3x1x95 DHZ1 12/20 kV.

Las principales características eléctricas del Centro de Transformación son las siguientes:

- Tensión nominal 24 kV
- Tensión de servicio 15 kV
- Número de fases 3
- Frecuencia 50 Hz
- Intensidad nominal de celdas 400 A

El centro de transformación tendrá capacidad para un transformador de 400 kVA, dispondrá de una celda de línea, una celda de seccionamiento, una celda de protección general y una celda de medida.

2.2.2.1 Obra civil

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

2.2.2.1.1 Características de los materiales

Edificio de Transformación: **PFU-4/20**

- Descripción

Los Centros de Transformación PFU, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos Centros de Transformación es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidadoso diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

- Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

- Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

- Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

- Ventilación

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

- Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad UNESA de acuerdo a la RU 1303A.

- Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Transformación PFU es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

- Características detalladas

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Normal
Puertas de acceso peatón:	1 puerta de acceso
Dimensiones exteriores	
Longitud:	4480 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm
Peso:	12000 kg
Dimensiones interiores	
Longitud:	4280 mm
Fondo:	2200 mm
Altura:	2355 mm
Dimensiones de la excavación	
Longitud:	5260 mm
Fondo:	3180 mm
Profundidad:	560 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

2.2.2.2 Instalación eléctrica

2.2.2.2.1 Características de la red de alimentación

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 15 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 519,6 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 20 kA eficaces.

2.2.2.2.2 Características de la aparamenta de M.T.

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación.

Celdas: **CGMcosmos**

Las celdas CGMcosmos forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso (para la altura de 1740 mm), y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y

el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

En su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puesta a tierra, tubos portafusible).

- Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CGMcosmos tiene tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

- Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual.

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMcosmos es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

- Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGMcosmos son las siguientes:

Tensión nominal 24 kV

Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases 50 kV

a la distancia de seccionamiento 60 kV

Impulso tipo rayo

a tierra y entre fases 125 kV

a la distancia de seccionamiento

145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

2.2.2.2.3 Características descriptivas de las celdas y transformadores de M.T.

Celda de línea: **CGMcosmos-L Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMcosmos-L de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	400 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	21 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	52,5 kA

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 28 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 75 kV

Capacidad de cierre (cresta):	52,5 kA
-------------------------------	---------

Capacidad de corte

- Corriente principalmente activa: 400 A

- Características físicas:

Ancho:	365 mm
Fondo:	735 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	95 kg

- Otras características constructivas :

- Mando interruptor: motorizado tipo BM

Celda de seccionamiento cliente: **CGMcosmos-L Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características: (Cuidadito que aquí debemos hacer algún cambio)

La celda CGMcosmos-L de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	400 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	21 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	52,5 kA

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 28 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 75 kV

Capacidad de cierre (cresta):	52,5 kA
-------------------------------	---------

Capacidad de corte

- Corriente principalmente activa: 400 A

- Características físicas:

Ancho:	365 mm
Fondo:	735 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	95 kg

- Otras características constructivas:

- Mando interruptor: motorizado tipo BM

Celda de protección general: **CGMcosmos-V Interruptor automático de vacío**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMcosmos-V de interruptor automático de vacío está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	400 A

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV

Capacidad de cierre (cresta):	52,5 kA
-------------------------------	---------

Capacidad de corte en cortocircuito:	20 kA
--------------------------------------	-------

- Características físicas:

Ancho:	480 mm
Fondo:	850 mm

Alto:	1740 mm
Peso:	218 kg
- Otras características constructivas:	
• Mando interruptor automático:	manual RAV
• Relé de protección:	ekor RPG
• Cajón de control:	SI

Al tratarse del mismo relé usado para el centro de transformación anterior, las características técnicas vienen explicadas en el apartado 2.1.2.2.3 en la pag. 20. Para resumir decir que las características más importantes son:

- Autoalimentado desde 5 A
- Curvas de tiempo inverso IEC
- Disparo exterior
- Pruebas por primario y secundario
- Medidas de fases desde 5 A
- Medida de homopolar desde 0.5 A
- Toroidales instalados de fábrica: se evitan errores de campo

Celda de medida: **CGMcosmos-M Medida**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMcosmos-M de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
-------------------	-------

- Características físicas:

Ancho:	800 mm
Fondo:	1025 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	165 kg

- Otras características constructivas:

- Transformadores de medida: 3 TT y 3 TI

De aislamiento seco y contruidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

c) Transformadores de tensión

- Relación de transformación: $(15000/\sqrt{3}) / (110/\sqrt{3}) - (110/\sqrt{3})$ V
- Sobretensión admisible en permanencia: 1,2 Un en permanencia y

1,9 Un durante 8 horas

- Medida

- Potencia: 50 VA

- Clase de precisión: 0,5

- Protección

- Potencia: 25 VA

- Clase de precisión: 3 P

- d) Transformadores de intensidad

- Relación de transformación: 20 / 5 - 5 A

- Intensidad térmica: 80 In (min. 5 kA)

- Sobreint. admisible en permanencia: $F_s \leq 5$

- Medida

- Potencia: 15 VA

- Clase de precisión: 0,5 P

- Protección

- Potencia: 30 VA

- Clase de precisión: 5 P 10

Transformador: **Transformador seco 24 kV**

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural seco, de tensión primaria 16 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

Regulación en el primario: +/- 2.5%, +/- 5%

Tensión de cortocircuito (Ecc): 6%

Grupo de conexión: Dyn11

Protección incorporada al transformador: Sin protección propia

2.2.2.2.4 Características descriptivas de los cuadros de Baja TensiónCuadro de Baja Tensión: **Interrupor automático BT**

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto de apartamento de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

Según la compañía suministradora, la norma de E.R.Z. 901581 tiene por objeto establecer las características que deben poseer los Cuadros de distribución de Baja Tensión (400 V de tensión nominal) Modulares, utilizados en los Centros de Transformación, tipo interior, para intensidades iguales o inferiores a 400 A por salida.

El cuadro contendrá un sistema de seccionamiento en el embarrado general y bases tripolares verticales, según Recomendación UNESA 6301 A.

Los módulos se clasifican en los 2 tipos siguientes:

a) Módulo de acometida tipo AC4 (este 4 significa que tiene 4 salidas).

b) Módulo de ampliación AM2 (al igual que en el anterior, la cifra final significa el número de salidas).

Contando con ambos módulos, el cuadro tiene las siguientes características:

- Interruptor automático de 630 A.
- 6 Salidas formadas por bases portafusibles de 630 A.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas(alimentación a alumbrado) y pequeño material.

- Características eléctricas

Tensión asignada: 440 V

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases:	10 kV
entre fases:	2,5 kV
- Impulso tipo rayo:

a tierra y entre fases:	20 kV
-------------------------	-------

Dimensiones:

Altura:	900 mm
Anchura:	1020 mm
Fondo:	300 mm

2.2.2.2.5 Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT - Transformador: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K-152.

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - Transformador: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Cu (aislamiento de polietileno reticulado) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2xfase + 1xneutro.

- Defensa de transformadores:

Defensa del Transformador: **Protección física transformador**

Protección metálica para defensa del transformador.

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: *Equipo de iluminación*

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

2.2.2.3 Medida de la energía eléctrica

El conjunto consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

Según la norma 580007.5 de E.R.Z., la potencia mínima y máxima admisibles en los equipos de medida en M.T. según las intensidades y tensiones primarias normalizadas de los transformadores de medida es de 285.4 y 685.08 kW respectivamente.

2.2.2.4 Relés de protección, automatismos y control**COMPARTIMENTO DE CONTROL**

- 1 Módulo metálico adosado en la parte superior frontal de la celda de interruptor automático de vacío para la protección general, que contiene en su interior debidamente montados y conexicionados los siguientes aparatos y materiales:

- 1 Relé de protección de sobreintensidad y cortocircuito de fases de características inversa regulable e instantánea (3x50/51), para compañía ERZ.

- 1 Relé de protección de sobreintensidad de neutro (67N), polarizado en tensión para compañía ERZ.

- 1 Equipo cargador batería autónomo, con las siguientes características técnicas:

Tensión de red:	220 Vca, / 50 Hz
Tensión de salida:	48 Vcc
Potencia permanencia:	15 W
Corriente puntas:	3 A 15 seg
Autonomía:	3 h a 15 W

- 1 Resistencia variable de 125 Ohm y 600 W

- 1 Piloto rojo

- 4 Bloques de pruebas de 2 elementos para protección de los secundarios de los transformadores de intensidad.

- 1 Interruptor automático magnetotérmico II para protección de los circuitos de control.

- 1 Interruptor automático monofásico con chimenea y marco.

- s/n Bornas de conexión, accesorios y pequeño material.

- Nota: 1 Transformador de intensidad toroidal de relación 20/1 A, impedancia de carga nominal

0,1 Ohm, situado en el foso de cables.

2.2.2.5 Descripción del sistema de tierras

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que se pueden originar en la propia instalación. Esta instalación de puesta a tierra deberá asegurar la descarga a tierra de la instalación de defecto, contribuyendo a la eliminación del

riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas de paso, y de contacto con las masas eventualmente en tensión.

Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra en el CT son:

- Líneas de tierra.
- Electrodo de puesta a tierra.

Las líneas de tierra estarán constituidas por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material no ferromagnético. En todo caso, la sección mínima será de 50 mm² para conductores de cobre.

Los electrodos de puesta a tierra estarán constituidos por "picas de acero-cobre" y/o "conductores enterrados horizontalmente de cobre de 50 mm²". Las picas se hincarán verticalmente quedando la parte superior a una profundidad no inferior a 0,5 m. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad de 0,8 m. Los electrodos horizontales se enterrarán a una profundidad igual a la de la parte superior de las picas.

La instalación de puesta a tierra cumplirá los siguientes requisitos:

- Llevará un borne accesible para la medida de la resistencia de tierra.
- Todos los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra estarán protegidos, adecuadamente, contra el deterioro por acciones mecánicas o de cualquier otro índole.

Los elementos conectados a tierra no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.

2.2.2.5.1 Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

2.2.2.5.2 Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

2.2.2.6 Instalaciones secundarias

- Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

- Protección contra incendios

Según la MIE-RAT 14 al ser el transformador de aislamiento seco no es necesario instalar sistemas de protección contra incendios, aunque deberá instalarse de forma que el calor generado no suponga riesgo de incendio para los materiales próximos.

- Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

2.2.3 ANEXO DE CÁLCULOS

2.2.3.1 Intensidad en Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (\sqrt{3} \times U_p) \quad (2.2.3.1a)$$

donde:

S	potencia aparente del transformador [kVA]
U _p	tensión en el primario del transformador [kV]
I _p	intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 15 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA.

$$I_p = 15.4 \text{ A}$$

2.2.3.2 Intensidad en Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío, aunque para los cálculos en baja tensión se va a considerar una tensión en el secundario del transformador de 400 V.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = S / (\sqrt{3} \times U_s) \quad (2.2.3.2a)$$

donde:

S	potencia aparente del transformador [kVA]
---	---

U_s tensión en el secundario [kV]

I_s intensidad en el secundario [A]

La intensidad de salida del secundario puede alcanzar el valor

$$I_s = 549.9 \text{ A}$$

2.2.3.3 Cortocircuitos

2.2.3.3.1 Observaciones

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 519.6 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

2.2.3.3.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de media tensión, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (\sqrt{3} \times U_p) \quad (2.2.3.3.2a)$$

donde:

S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p tensión de servicio [kV]

I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = (100 \times S) / (\sqrt{3} \times E_{cc} \times U_s) \quad (2.2.3.3.2b)$$

donde:

S potencia de transformador [kVA]

E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s tensión en el secundario [V]

I_{ccs} corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión [kA]

2.2.3.3.3 Cortocircuito en el lado de M.T.

Utilizando la expresión 2.2.3.3.2a, en el que la potencia de cortocircuito es de 519.6 MVA y la tensión de servicio 15 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 20 \text{ kA}$$

2.2.3.3.4 Cortocircuito en el lado de B.T.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y tomando como tensión secundaria 400 V, la intensidad de cortocircuito en el lado de BT según la fórmula 2.2.3.3.2b:

$$I_{ccs} = 13.7 \text{ kA}$$

2.2.3.4 Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

2.2.3.4.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

2.2.3.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.1.3.3.2a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 50 \text{ kA}$$

2.2.3.4.3 Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 20 \text{ kA}$$

2.2.3.5 Protección contra sobrecarga y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

En este caso, la protección de este transformador se realiza por medio de una celda de interruptor automático, que proporciona todas las protecciones al transformador, bien sea por sobrecargas, faltas a tierra o cortocircuitos, gracias a la presencia de un relé de protección. En caso contrario, se utilizan únicamente como elemento de maniobra de la red.

El interruptor automático posee capacidad de corte tanto para las corrientes nominales, como para los cortocircuitos antes calculados.

La celda de protección de este transformador incorpora un relé de protección.

2.2.3.6 Dimensionado de los puentes de M.T.

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 15,4 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 235 A para un cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

2.2.3.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{Cu} + W_{Fe}) / [0.24 \times K \times \sqrt{(h \times \Delta T^3)}] \quad (2.1.3.7a)$$

donde:

W_{Cu}	pérdidas en el cobre del transformador [kW]
W_{Fe}	pérdidas en el hierro del transformador [kW]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
ΔT	aumento de temperatura del aire [°C]
S_r	superficie mínima de las rejillas de entrada [m ²]

No obstante, y aunque es aplicable esta expresión a todos los Edificios Prefabricados de ORMAZABAL, se considera de mayor interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación hasta las potencias indicadas, dejando la expresión para valores superiores a los homologados.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 92202-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA
- 99827-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

2.2.3.8 Dimensionamiento del pozo apagafuegos

Al no haber transformadores de aceite como refrigerante, no es necesaria la existencia de pozos apagafuegos.

2.2.3.9 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

2.2.3.9.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

2.2.3.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{d\max}$ (A): 5.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.5.

Tiempo máximo del reenganchador (s): 0.3.

Tiempo total a contar (s): 0.8.

2.2.3.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Intensidad máxima de defecto que se puede producir en una línea de distribución de M.T. es:

$$I_{d\max\text{ cal.}} = \sqrt{3} \times U_n \times w \times (C_a \times L_a + C_c \times L_c) \quad (2.2.3.9.3a)$$

donde:

U_n	Tensión de servicio [kV]
L_a	Longitud de las líneas aéreas [km]
L_c	Longitud de las líneas subterráneas [km]
C_a	Capacidad de las líneas aéreas [0.006 mF/km]
C_c	Capacidad de líneas subterráneas [0.250 mF/km]
$I_{d\max\text{ cal.}}$	Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d\max}$ en este caso será, según la fórmula 2.2.3.9.3a:

$$I_{d\max\text{ cal.}} = 5.06 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_d \max = 5 \text{ A}$$

2.2.3.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 15 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Longitud de líneas aéreas $L_a = 20 \text{ km}$
- Longitud de líneas subterráneas $L_c = 2 \text{ km}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 5 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 8000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 200 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \times R_t \leq V_{bt} \quad (2.2.3.9.4a)$$

donde:

- I_d intensidad de falta a tierra [A]
- R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- V_{bt} tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = [\sqrt{3} \times U_n \times w \times (C_a \times L_a + C_c \times L_c)] / \sqrt{[1 + (w \times C_a \times L_a + w \times C_c \times L_c)^2 \times (3 \times R_t)^2]} \quad (2.1.3.9.4b)$$

donde:

- U_n tensión de servicio [V]
- w pulsación del sistema ($w = 2 \cdot \pi \cdot f$)
- C_a capacidad de las líneas aéreas (0.006 mF/km)
- L_a longitud de las líneas aéreas [km]
- C_c capacidad de las líneas subterráneas (0.250 mF/km)
- L_c longitud de las líneas subterráneas [km]
- R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 1.94 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 4127.92 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq R_t / R_o \quad (2.1.3.9.4c)$$

donde:

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

K_r coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 20.64$$

Señalar que es recomendable que el valor máximo de resistencia no supere los 15 Ω , aunque en este caso por recomendación de la empresa suministradora ERZ al situarse este C.T. cerca de la Balsa de Regulación con el posible incremento de humedad, es recomendable que no supere los 10 Ω .

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 60-60/8/84
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 6.0x6.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0.8 m
- Número de picas: ocho
- Longitud de las picas: 4 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0.05$
- De la tensión de paso $K_p = 0.0074$
- De la tensión de contacto $K_c = 0.0190$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R't = K_r \times R_o \quad (2.2.3.9.4d)$$

donde:

K_r coeficiente del electrodo

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

$R't$ resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

$$R't = 10 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.2.3.9.4b):

$$I'd = 5.06 \text{ A}$$

2.2.3.9.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \times R_o \times I'd \quad (2.2.3.9.5a)$$

donde:

K_p coeficiente

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'd$ intensidad de defecto [A]

V'_p tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

$$V'_p = 7.49 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

2.2.3.9.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'd = R't \times I'd \quad (2.2.3.9.6a)$$

donde:

$R't$ resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$I'd$ intensidad de defecto [A]

$V'd$ tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'd = 50.6 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'c = Kc \times Ro \times I'd \quad (2.2.3.9.6b)$$

donde:

Kc coeficiente

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'd$ intensidad de defecto [A]

$V'p$ tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'c = 19.23 \text{ V}$$

2.2.3.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Se ha considerado como tiempo de despeje de la falta 0.5 seg. En el caso de que el elemento que elimina la falta disponga de reenganche automático rápido (inferior a 0.5 seg.) el tiempo a considerar "t" será la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de defecto. En este caso se ha considerado un tiempo para el reenganche máximo de 0.3 seg.

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0.8 \text{ seg}$
- $K = 72$
- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = [(10 \times K) / t^n] \times [1 + (6 \times R_o) / 1000] \quad (2.1.3.9.7a)$$

donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R _o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
V _p	tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso

$$V_p = 1980 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p \text{ acc}} = [(10 \times K) / t^n] \times \{1 + [(3 \times R_o) \times (3 \times R'_o)] / 1000\} \quad (2.1.3.9.7b)$$

donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R _o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
R' _o	resistividad del hormigón en [Ohm·m]
V _{p acc}	tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que, para este caso

$$V_{p(acc)} = 9540 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 7.49 \text{ V} < V_p = 1980 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_{p(acc)} = 19.23 \text{ V} < V_{p(acc)} = 9540 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'd = 50.6 \text{ V} < V_{bt} = 8000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 4 \text{ A} < I_{dm} = 5 \text{ A} < I'd = 5.06 \text{ A}$$

donde:

- I_a intensidad de arranque del relé de protección de la línea de M.T. [A]
 I_{dm} limitación de la intensidad a tierra, en este caso por parte de la compañía [A]
 $I'd$ intensidad de defecto real calculada [A]

2.2.3.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = (R_o \times I'd) / (2000 \times \pi) \quad (2.2.3.9.8a)$$

donde:

- R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
 $I'd$ intensidad de defecto [A]
 D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$D = 0,16 \text{ m}$$

Pese a que haya salido esta distancia, según las normas de E.R.Z. la distancia mínima de separación entre el sistema de tierras de protección y el sistema de tierras de servicio será de 20 m.

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/46 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: cuatro
- Longitud entre picas: 9 metros
- Profundidad de las picas: 0.5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,04$
- $K_c = 0,0061$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

Sin embargo, según las normas de E.R.Z., se dispondrán tantas picas como sean necesarias para conseguir una resistencia de neutro máxima de 10 Ω .

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,04 \cdot 200 = 8 < 10 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

2.2.3.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

2.2.3.10 Justificación de las protecciones en la acometida aéreo-subterránea

En el apoyo final encontramos los siguientes elementos:

- SECCIONADORES I con mando por pértiga tipo Loadbuster. $U_n = 24 \text{ kV}$; $I_n = 630 \text{ A}$; $I_{th} \geq 20 \text{ kA}$ (1 seg); $I_d = 50 \text{ kA}$.
- CORTACIRCUITOS FUSIBLES I. Bases portafusibles: $U_n = 24 \text{ kV}$; $I_n = 400 \text{ A}$. Cartuchos fusibles: $U_n = 24 \text{ kV}$; I_n de corte = 30 kA; $I_n = 40 \text{ A}$.
- PARARRAYOS AUTOVÁLVULAS. Clase: 10 kA. $U_{asignada} = 18 \text{ kV}$.
- BOTELLAS TERMINALES. Aislamiento 24 kV.

Por reseñar un poco en el proceso de elección de la autoválvula decir que se ha elegido del tipo de óxidos metálicos. Dentro de este tipo y teniendo en cuenta que estamos hablando de una conexión con neutro aislado se tiene que cumplir que:

$$U_c \geq U_{m\acute{a}x} / T_c$$

en donde:

U_c Se define como la tensión máxima que se puede aplicar al pararrayos de forma continua sin que en el mismo se origine una corriente de fuga que pueda dañar de alguna manera al pararrayos.

$U_{m\acute{a}x}$ Es la tensión máxima entre fases prevista en la instalación.

T_c Es el factor de sobretensión temporal, que se selecciona en función de la duración máxima de la sobretensión según el gráfico adjunto. Normalmente se considera 1.2.

Para una línea de M.T. de tensión nominal 15 kV, se considera la máxima tensión entre fases de 16.5 kV.

Pero lo básico para saber si la elección de una autoválvula es correcta e calcular su margen de protección mediante la siguiente expresión:

$$\text{Margen de protección (PM)} = \{[\text{Nivel de aislamiento (NA)}/\text{Nivel de protección (NP)}] - 1\} \times 100$$

donde:

NA Representa la tensión soportada a impulsos tipo rayo por el equipo. Su valor se obtiene de la Tabla 1 del capítulo 12 del Reglamento sobre Centrales Eléctricas, subestaciones y centros de transformación (RCE).

NP Este valor ya se obtiene de la hoja de “Características de Funcionamiento” proporcionada por el fabricante. En el caso concreto de una del tipo óxidos metálicos se tiene que elegir el mayor de los siguientes valores:

- Valor máximo de la tensión residual con onda 8/20 µseg. Y de corriente de descarga 10 kA.
- Valor máximo de la tensión residual equivalente al frente de onda dividido por 1.15.

Se recomienda que el margen de protección debe ser superior al 30%.

Fijándonos en la hoja de “Características de funcionamiento” y sustituyendo los valores nos sale:

$$\text{PM} = \{[75/50.4] - 1\} \times 100 = 48.81\% \geq 30\% \rightarrow \text{Elección correcta}$$

2.3 C.T. DE LA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9 (C.T.3)

2.3.1 PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA

Se precisa el suministro de energía eléctrica para alimentar a la estación de bombeo general, a una tensión de 400/230 V y con una potencia máxima instalada de 189.52 kW.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este centro de transformación es de 250 kVA.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL C.T.

El centro de transformación objeto del presente proyecto será tipo intemperie, instalado sobre un apoyo empotrado en el terreno y cimentado mediante macizo de hormigón en masa que asegure la estabilidad del conjunto.

La línea de alimentación será aérea, en simple circuito trifásico, de tensión 15 kV y frecuencia 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora de Electricidad.

La línea se unirá al apoyo mediante cadenas de aisladores de amarre sujetas a la cruceta.

2.3.2.1 Obra civil

2.3.2.1.1 Características de los materiales

Todos los materiales serán de los tipos "aceptados" por la compañía suministradora de la Energía Eléctrica. El aislamiento de los materiales de la instalación estará dimensionado como mínimo para la tensión "más elevada" de la línea (aislamiento pleno).

Los materiales siderúrgicos serán como mínimo de acero A-42b. Estarán galvanizados por inmersión en caliente con recubrimiento de zinc de 0,61 kg/m², como mínimo, debiendo ser capaces de soportar cuatro inmersiones en una solución de SO₄Cu al 20 % de una densidad de 1,18 a 18°C, sin que el hierro quede al descubierto ó coloreado parcialmente.

2.3.2.1.2 Cimentación

La cimentación del apoyo será monobloque realizada en hormigón de 200 kg de dosificación. En el caso de suelos o aguas agresivos, dicho hormigón dispondrá del tratamiento adecuado.

Para evitar el estancamiento del agua en la superficie superior de la cimentación, ésta sobresaldrá 20 cm por encima del nivel del terreno y su terminación será en forma de punta de diamante.

La cimentación llevará incorporada una "plataforma de operador", consistente en una placa de hormigón de 1 m de anchura situada alrededor de la fundación. Irá armada con un emparrillado de 20x20 cm y redondos de hierro de 4 mm, unidos al anillo que forma parte del sistema de tierras.

Con objeto de facilitar el movimiento del transformador sobre el poste, se preverá en la cimentación del apoyo metálico una anilla, en forma de ojo de riostra cerrado a base de soldadura, con garras de redondo de 16 mm de diámetro. Esta anilla se soldará a uno de los montantes del apoyo y en el lado opuesto a la situación del transformador en el apoyo.

2.3.2.1.3 Apoyo de sustentación

El apoyo de sustentación será metálico de estructura soldada y atornillada o de hormigón vibrado hueco. Tendrá un esfuerzo útil capaz de resistir los esfuerzos del amarre de la línea aérea que lo ha de alimentar y del peso del transformador que ha de soportar.

En los apoyos de acero, así como en elementos metálicos de los apoyos de otra naturaleza, no se emplearán perfiles abiertos de espesor inferior a 4 mm, ni se emplearán tornillos o remaches de un diámetro inferior a 12 mm.

En los apoyos de hormigón prefabricados (centrifugados, vibrados, pretensados, etc) debe prestarse especial atención al grueso de recubrimiento de hormigón sobre las armaduras, en evitación de grietas longitudinales, y como garantía de impermeabilidad. Se debe prestar también particular atención a todas las fases de manipulación en el transporte y montaje, empleando los medios apropiados para evitar el deterioro del poste. Cuando su instalación se realice en suelos o aguas agresivos al mismo, deberán tomarse las medidas necesarias para su protección.

Sobre el apoyo se colocarán placas de advertencia de riesgo eléctrico, que sean visibles y legibles desde el suelo, situadas a una altura mínima de 3 m, con objeto de que no puedan ser arrancadas.

Si el apoyo es metálico, dispondrá de un dispositivo antiescalada hasta una altura de 3 m. sobre el nivel del suelo.

La cruceta y herrajes a emplear serán metálicos, con las características indicadas en el apartado 2.3.2.1.1.

2.3.2.2 Instalación eléctrica

2.3.2.2.1 Características de la red de alimentación

La red de la cual se alimenta el centro de transformación es del tipo aérea, con una tensión de 15 kV y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 520 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

2.3.2.2.2 Características de la aparamenta de M.T.

Las cadenas de amarre de la línea aérea se constituirán con aisladores de vidrio templado. Utilizando el tipo definido por UNESA como U70BS serán necesarios 2 aisladores por cadena y utilizando el tipo U40BS serán necesarios 3 aisladores por cadena. Las características de estos aisladores quedan definidas a continuación:

	<u>U40BS</u>	<u>U70BS</u>
Carga rotura (kg):	3900	6860
Diámetro máximo (mm):	175	255
Longitud línea fuga (mm):	185	280
Longitud aislador (m):	0,17	0,25
Peso (kg):	1,7	1,8

Las partes metálicas de los aisladores estarán protegidas adecuadamente contra la acción corrosiva de la atmósfera.

Los herrajes serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán ser prácticamente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera, muy particularmente en los casos que fueran de temerse efectos electrolíticos. Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el cable del 90 por 100 de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca deslizamiento.

La protección contra sobretensiones en alta tensión se realizará mediante la instalación de autoválvulas pararrayos. La conexión de la línea al pararrayos se hará mediante conductor desnudo y de las mismas características que el de la línea. Dicha conexión se hará lo más corta posible. Las conexiones a tierra deberán establecerse mediante conductores de cobre desnudo, entre el borne de

tierra del pararrayos y la línea de puesta a tierra de las masas. Su longitud deberá ser lo más corta posible con objeto de minimizar los efectos de autoinducción y de la resistencia óhmica.

La protección contra sobrecorrientes se realizará con cortacircuitos fusibles en la derivación de la línea que alimenta al trafo o sobre el propio centro de transformación, según condiciones de la compañía suministradora de la electricidad. Preferiblemente se utilizarán seccionadores con fusibles de expulsión tipo XS "cut out", pues permiten realizar las funciones de maniobra (seccionamiento) y protección. Pero en este caso, al ser la intensidad de cortocircuito en Media Tensión mayor de 8 kA, tal y como indica su cálculo en el apartado 2.3.3.3.3, la compañía eléctrica suministradora, en este caso Endesa-ERZ, recomienda la colocación de seccionadores unipolares con mando por pértiga tipo Loadbuster y cortacircuitos fusibles unipolares con capacidad de ruptura simétrica ≥ 8 kA.

En la elección del apoyo, para la instalación de los elementos de protección y de maniobra, se deberá tener en cuenta que los seccionadores sean visibles desde el CT y que disponga de una fácil accesibilidad.

El transformador es trifásico reductor de tensión tipo intemperie (sobre poste), con neutro accesible en el secundario y refrigeración natural en aceite. Sus características, tanto eléctricas como constructivas, estarán de acuerdo con la recomendación UNESA-5.204-A y las especificaciones de la compañía suministradora. Estará previsto para el funcionamiento a su tensión más elevada. Irá colocado sobre una plataforma metálica debidamente nivelada, de modo que las partes en tensión se encuentren a 6 m. o más sobre el suelo, cualquiera que sea su tensión primaria de servicio.

La conexión de la línea al transformador o a los elementos de maniobra y protección, y de éstos al trafo, se podrá realizar por medio de conductores de las mismas características que la línea aérea, o mediante varilla de cobre.

2.3.2.2.3 Características de la aparamenta de B.T.

En un lateral del apoyo se instalará un cuadro de distribución B.T. de 1 salidas, la cual estará formada por:

- 4 Bases c/c.
- 1 Cuchilla de neutro.
- 3 Cartuchos fusibles de alto poder de ruptura.

El material de la envolvente será aislante y autoextinguible y proporcionará un grado de protección IP439.

La conexión entre el transformador y el cuadro B.T. se realizará mediante conductores de aluminio aislados, cableados en haz y 0,6/1 kV de tensión nominal, con cubierta de polietileno reticulado y sujetos al apoyo por medio de abrazaderas adecuadas. Las secciones nominales de los cables estarán de acuerdo con la potencia del transformador y corresponderán a las intensidades de corriente máximas permanentes y de cortocircuito.

La protección en baja tensión quedará encomendada a fusibles de alto poder de corte o interruptores automáticos.

Las salidas en baja tensión se realizarán mediante línea aérea amarrada, en sentido no coincidente con el de la línea de alta tensión, o bien en canalización subterránea. Las líneas aéreas serán de conductores de aluminio aislados, cableados en haz, con cubierta de polietileno reticulado y las líneas subterráneas serán de conductores de aluminio aislado, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de PVC.

2.3.2.3 Medida de la energía eléctrica

En centros de transformación tipo "abonado" el equipo de medida se situará en el propio apoyo del transformador o en el primer apoyo de la red de B.T. En centros de distribución pública, los equipos de medida en B.T. se ubicarán en la fachada de las edificaciones alimentadas.

En el presente caso, el equipo de medida se alojará en un armario destinado a tal fin y se ubicará en el interior de un monolito con el acondicionamiento térmico adecuado. Este monolito se

hallará ubicado en el exterior a unos 4 o 5 m del C.T., o si existiese valla delimitadora de la propiedad o valla de cerramiento del C.T., se instalará empotrado en la misma valla.

2.3.2.4 Descripción del sistema de tierras

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que se pueden originar en la propia instalación. Esta instalación de puesta a tierra deberá asegurar la descarga a tierra de la instalación de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas de paso, y de contacto con las masas eventualmente en tensión.

Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra en el CT son:

- Líneas de tierra.
- Electrodo de puesta a tierra.

Las líneas de tierra estarán constituidas por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material no ferromagnético. En todo caso, la sección mínima será de 50 mm² para conductores de cobre.

Los electrodos de puesta a tierra estarán constituidos por "picas de acero-cobre" y/o "conductores enterrados horizontalmente de cobre de 50 mm²". Las picas se hincarán verticalmente quedando la parte superior a una profundidad no inferior a 0,5 m. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad de 0,8 m. Los electrodos horizontales se enterrarán a una profundidad igual a la de la parte superior de las picas.

La instalación de puesta a tierra cumplirá los siguientes requisitos:

- Llevará un borne accesible para la medida de la resistencia de tierra.
- Todos los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra estarán protegidos, adecuadamente, contra el deterioro por acciones mecánicas o de cualquier otro índole.
- Los elementos conectados a tierra no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.

2.3.2.4.1 Tierra de protección

Tiene por finalidad limitar eventualmente la tensión a tierra de aquellas partes de la instalación eléctrica, normalmente sin tensión, pero que puedan ser puestas en tensión a causa de un defecto. Comprende la puesta a tierra de:

- Las masas de los elementos de M.T.
- Las masas de los elementos de B.T.
- El apoyo metálico de sustentación.
- Pantallas o enrejados de protección contra contactos directos.
- Armaduras metálicas de la plataforma del operador.
- Cuba del transformador.

La cimentación estará rodeada por un electrodo horizontal, de forma cuadrada o rectangular, y dispuesto con número suficiente de picas para conseguir la resistencia de tierra prevista. En el caso de emplear únicamente electrodos de pica, la separación entre ellos será, a ser posible, superior a longitud de los mismos en 1,5 veces.

Para asegurar el correcto contacto eléctrico de todas las masas y la línea de tierra, se verificará que la resistencia eléctrica entre cualquier punto de la masa o cualquier elemento metálico unido a ella y el conductor de la línea de tierra, en el punto de penetración en el terreno, será tal que el producto de la misma por la intensidad de defecto máxima prevista sea igual o inferior a 50 V.

2.3.2.4.2 Tierra de servicio

Las puestas a tierra de servicio se unen a uno o varios puntos determinados del circuito eléctrico o aparatos, con el fin de permitir el funcionamiento de éstos, o un funcionamiento más regular y seguro del circuito. Comprende la puesta a tierra de:

- Bornes de puesta a tierra de los transformadores de intensidad de B.T.
- Neutro de los circuitos de baja tensión.
- Bornes de tierra de los detectores de tensión.
- Pararrayos de M.T. (puesta a tierra independiente).

En el caso de emplear únicamente electrodos de pica, la separación entre ellos será, a ser posible, superior a longitud de los mismos en 1,5 veces.

2.3.3 ANEXO DE CÁLCULOS

2.3.3.1 Intensidad en Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (\sqrt{3} \times U_p) \quad (2.3.3.1a)$$

donde:

S	potencia aparente del transformador [kVA]
U_p	tensión en el primario del transformador [kV]
I_p	intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 15 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 250 kVA.

$$I_p = 9.62 \text{ A}$$

2.3.3.2 Intensidad en Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 250 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío, aunque para los cálculos en baja tensión se va a considerar una tensión en el secundario del transformador de 400 V.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = S / (\sqrt{3} \times U_s) \quad (2.3.3.2a)$$

donde:

S	potencia aparente del transformador [kVA]
U_s	tensión en el secundario [kV]
I_s	intensidad en el secundario [A]

La intensidad de salida del secundario puede alcanzar el valor

$$I_s = 360.85 \text{ A}$$

2.3.3.3 Cortocircuitos

2.3.3.3.1 Observaciones

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 520 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

2.3.3.3.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de media tensión, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (\sqrt{3} \times U_p) \quad (2.3.3.3.2a)$$

donde:

S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p tensión de servicio [kV]

I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = (100 \times S) / (\sqrt{3} \times E_{cc} \times U_s) \quad (2.2.3.3.2b)$$

donde:

S potencia de transformador [kVA]

E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s tensión en el secundario [V]

I_{ccs} corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión [kA]

2.3.3.3.3 Cortocircuito en el lado de M.T.

Utilizando la expresión 2.3.3.3.2a, en el que la potencia de cortocircuito es de 519,6 MVA y la tensión de servicio 15 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 20 \text{ kA}$$

2.3.3.3.4 Cortocircuito en el lado de B.T.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 250 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y tomando como tensión secundaria 400 V, la intensidad de cortocircuito en el lado de BT según la fórmula 2.3.3.3.2b:

$$I_{ccs} = 9.02 \text{ kA}$$

2.3.3.4 Dimensionamiento del embarrado

Las características del embarrado son:

Varilla de Cu semiduro ϕ : 16 mm

Sección: 201 mm²

I_{adm} (40°C): 520 A

Por tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal de paso sin superar la densidad de corriente máxima en régimen permanente, así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se producen durante un cortocircuito.

2.3.3.4.1 Comprobación por densidad de corriente

La intensidad de paso por el embarrado ha sido calculada en el apartado 2.3.3.1.

La densidad de corriente es:

$$d = 9.62 / 201 = 0.05 \text{ A / mm}^2$$

muy inferior a la admisible por el conductor que es de 32 A / mm².

2.3.3.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica

Según la MIE-RAT 05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W)$$

siendo:

$\sigma_{\text{máx}}$ Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm²

I_{ccp} Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA

L Separación longitudinal entre apoyos, en cm

d Separación entre fases, en cm

W Módulo resistente de los conductores, en cm³

Así pues se tendrá:

- I_{ccp} = 20.02 kA
- L = 80 cm
- d = 50 cm

$$W = (\pi \cdot \phi^3) / 32 = (\pi \times 1.6^3) / 32 = 0.4 \text{ cm}^3$$

Sustituyendo valores:

$$(20.02^2 \cdot 80^2) / (60 \cdot 50 \cdot 0.4) = 2125.33 \text{ Kg / cm}^2 < 2800 \text{ Kg / cm}^2$$

2.3.3.4.3 Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}$$

siendo:

I_{th} Intensidad eficaz, en A

α 13 para el Cu

S Sección del embarrado, en mm^2

ΔT Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu

T Tiempo de duración del cortocircuito, en s

Así pues en nuestro caso se tendrá:

- $S = 201 \text{ mm}^2$
- $t = 0.8 \text{ s}$

Sustituyendo valores:

$$I_{th} = 13 \cdot 201 \cdot \sqrt{(150 / 0.8)} = 35779.98 \text{ A} = 35.78 \text{ kA} > 20.02 \text{ kA}$$

2.3.3.5 Selección de las protecciones en media y baja tensión

Protección en AT.

La protección contra sobreintensidades del transformador en AT se realiza utilizando Fusibles unipolares de tipo vertical de tensión asignada 24 kV y 400 A de intensidad asignada con poder de corte de 20 kA. El calibre de los fusibles será de 25 A.

La apertura visible de la línea aérea de AT queda reflejada utilizando un Seccionador unipolar vertical de tensión asignada 24 kV y 630 A de intensidad asignada.

La protección contra sobretensiones del transformador en AT se realiza mediante autoválvulas de 18 kV de tensión asignada y una intensidad de descarga de 10 kA.

Por reseñar un poco en el proceso de elección de la autoválvula decir que se ha elegido del tipo de óxidos metálicos. Dentro de este tipo y teniendo en cuenta que estamos hablando de una conexión con neutro aislado se tiene que cumplir que:

$$U_c \geq U_{\text{máx}} / T_c$$

en donde:

U_c Se define como la tensión máxima que se puede aplicar al pararrayos de forma continua sin que en el mismo se origine una corriente de fuga que pueda dañar de alguna manera al pararrayos.

$U_{\text{máx}}$ Es la tensión máxima entre fases prevista en la instalación.

Tc Es el factor de sobretensión temporal, que se selecciona en función de la duración máxima de la sobretensión según el gráfico adjunto. Normalmente se considera 1.2.

Para una línea de M.T. de tensión nominal 15 kV, se considera la máxima tensión entre fases de 16.5 kV.

Pero lo básico para saber si la elección de una autoválvula es correcta e calcular su margen de protección mediante la siguiente expresión:

$$\text{Margen de protección (PM)} = \{[\text{Nivel de aislamiento (NA)}/\text{Nivel de protección (NP)}] - 1\} \times 100$$

donde:

NA Representa la tensión soportada a impulsos tipo rayo por el equipo. Su valor se obtiene de la Tabla 1 del capítulo 12 del Reglamento sobre Centrales Eléctricas, subestaciones y centros de transformación (RCE).

NP Este valor ya se obtiene de la hoja de "Características de Funcionamiento" proporcionada por el fabricante. En el caso concreto de una del tipo óxidos metálicos se tiene que elegir el mayor de los siguientes valores:

- Valor máximo de la tensión residual con onda 8/20 µseg. Y de corriente de descarga 10 kA.
- Valor máximo de la tensión residual equivalente al frente de onda dividido por 1.15.

Se recomienda que el margen de protección debe ser superior al 30%.

Fijándonos en la hoja de "Características de funcionamiento" y sustituyendo los valores nos sale:

$$\text{PM} = \{[75/50.4] - 1\} \times 100 = 48.81\% \geq 30\% \rightarrow \text{Elección correcta}$$

Protección en Baja Tensión.

Se va realizar mediante un Interruptor IV en carga mando por pértiga tipo P.T. calibre 630 A y Cartuchos fusibles tipo A.P.R. de 630 A.

La descarga del trafo al cuadro de BT se realizará con conductores 0,6/1kV 3x150/95 mm² Al cableados en haz con aislamiento de polietileno reticulado, instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 277 A.

En nuestro caso el número de haces es de 2.

Del cuadro de BT saldrá una salida con cable de aislamiento 0.6/1 kV tipo RZ1-K(AS) de sección 3x400/240 mm² Cu hacia el cuadro de contadores y posteriormente hacia la Estación de Rebombeo TI-9.

2.3.3.6 Dimensionado de la ventilación del C.T.

Por tratarse de un transformador al aire sobre apoyo sin envolvente, no precisa dimensionado de la ventilación.

2.3.3.7 Dimensionado del pozo apagafuegos

Por tratarse de un transformador al aire sobre apoyo, sin envolvente, no precisa dimensionado del pozo apagafuegos.

2.3.3.8 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

2.3.3.8.1 Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará éste Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de $200 \Omega\text{m}$.

2.3.3.8.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En instalaciones de Media Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 5.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.5.

Tiempo máximo del reenganchador (s): 0.3.

Tiempo total a contar (s): 0.8.

2.3.3.8.3 Diseño preliminar de la instalación a tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Se recomienda que el valor de la resistencia de la puesta a tierra de protección sea inferior a 15Ω , aunque en ese caso por imposición de la compañía al encontrarnos cerca de una acumulación de agua, en este caso, la pequeña balsa que sirve como toma de agua para las bombas, Endesa-E.R.Z. obliga a que a inferior a 10Ω .

TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm^2 de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω , aunque por imposición de la compañía suministradora deberá ser inferior a 10Ω .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

2.3.3.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 15000 \text{ V}$
- Puesta a tierra del neutro:
 - Aislado: $La \text{ (Km): } 35; Ls \text{ (Km): } 2$
 - $Ca = 0,006 \times 10^{-6} \text{ F/Km}; Cs = 0,25 \times 10^{-6} \text{ F/Km}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $Ubt = 8000 \text{ V}$
- Características del terreno:
 - $\rho \text{ terreno } (\Omega\text{xm}): 200$
 - $\rho_H \text{ hormigón } (\Omega\text{xm}): 3000$

TIERRA DE PROTECCIÓN

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_d), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho \text{ } (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = U / (1,732 \cdot \sqrt{(R_t^2 + X_c^2)}) \text{ (A)}$$

$$X_c = 1 / (3 \cdot \omega \cdot C); \omega = 2 \cdot \pi \cdot f; C = Ca \cdot La + Cs \cdot Ls; f = 50 \text{ Hz}$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = R_t \cdot I_d \text{ (V)}$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 60-60/8/84
- Geometría: Anillo
- Dimensiones (m): 6x6
- Profundidad del electrodo (m): 0.8
- Número de picas: 8
- Longitud de las picas (m): 4

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.05$
- De la tensión de paso, $K_p (V/((\Omega\text{xm})A)) = 0.0074$
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (V/((\Omega\text{xm})A)) = 0.019$

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.05 \cdot 200 = 10 \, \Omega$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314.16$$

$$C = C_a \cdot L_a + C_s \cdot L_s = 0.006 \times 10^{-6} \cdot 35 + 0.25 \times 10^{-6} \cdot 2 = 0.71 \times 10^{-6} \, F$$

$$X_c = 1 / (3 \cdot \omega \cdot C) = 1 / (3 \cdot 314.16 \cdot 0.71 \times 10^{-6}) = 1494.41 \, \Omega$$

$$I_d = U / (1,732 \cdot \sqrt{R_t^2 + X_c^2}) = 15000 / (1,732 \cdot \sqrt{10^2 + 1494.41^2}) = 5.97 \, A$$

$$U_d = R_t \cdot I_d = 10 \cdot 5.97 = 59.75 \, V$$

TIERRA DE SERVICIO

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 8/64
- Geometría: Picas en hilera
- Profundidad del electrodo (m): 0.8
- Número de picas: 6
- Longitud de las picas (m): 4
- Separación entre picas (m): 6

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega \cdot m) = 0.039$

Sustituyendo valores:

$$R_{t_{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.039 \cdot 200 = 7.8 \, \Omega.$$

2.3.3.8.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Para evitar el peligro de la tensión de contacto, se debe instalar una losa de hormigón de espesor total 20 cm., como mínimo y que sobresalga 1,2 m. del borde de la base de la columna o poste. Dentro de esta losa (plataforma del operador) y hasta 1 m. del borde de la base de la columna o poste se embeberá un mallazo electrosoldado de 4 mm. de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,30x0,30m. Este mallazo debe conectarse a dos puntos opuestos de la puesta a tierra. El mallazo tendrá por encima al menos 10 cm. de hormigón.

Asimismo pueden adoptarse medidas de seguridad adicionales tales como recubrimiento de obra en apoyos metálicos hasta 3 m. de altura, o vallado de la plataforma del operador.

Todo ello encaminado a hacer inaccesibles las partes metálicas, susceptibles de quedar en tensión por defecto o avería, sobre todo desde fuera de la plataforma del operador evitando o haciendo muy difícil la aparición de tensiones de contacto.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0074 \cdot 200 \cdot 5.97 = 8.83 \, V.$$

2.3.3.8.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

Para evitar el peligro de la tensión de contacto, se debe instalar una losa de hormigón de espesor total 20 cm., como mínimo y que sobresalga 1,2 m. del borde de la base de la columna o poste. Dentro de esta losa (plataforma del operador) y hasta 1 m. del borde de la base de la columna o poste se embeberá un mallazo electrosoldado de 4 mm. de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,30x0,30m. Este mallazo debe conectarse a dos puntos opuestos de la puesta a tierra. El mallazo tendrá por encima al menos 10 cm. de hormigón.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p(\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.019 \cdot 200 \cdot 5.97 = 22.69 \text{ V}$$

2.3.3.8.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_{pa} = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + 6 \cdot \rho / 1000) \text{ V}$$

$$U_{pa}(\text{acc}) = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + (3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_H) / 1000) \text{ V}$$

$$t = t' + t'' \text{ s}$$

Siendo:

U_{pa} Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios

$U_{pa}(\text{acc})$ Tensión en el acceso admisible, en voltios

k, n Constantes según MIERAT 13, dependen de t

t Tiempo de duración de la falta, en segundos

t' Tiempo de desconexión inicial, en segundos

t'' Tiempo de la segunda desconexión, en segundos

ρ Resistividad del terreno, en Ωxm

ρ_H Resistividad del hormigón, 3000 Ωxm

Según el apartado 2.3.3.8.2 el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.5 \text{ seg} ; t'' = 0.3 \text{ seg}$$

$$t = t' + t'' = 0.8 \text{ seg}$$

Sustituyendo valores:

$$U_{pa} = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + 6 \cdot \rho / 1000) = 10 \cdot 90 \cdot (1 + 6 \cdot 200 / 1000) = 1980 \text{ V}$$

$$U_{pa(acc)} = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + (3 \cdot p + 3 \cdot p_H) / 1000) = 10 \cdot 90 \cdot (1 + (3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 9540 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$U_p = 8.83 \text{ V} < U_{pa} = 1980 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$U_{p(acc)} = 22.69 \text{ V} < U_{pa(acc)} = 9540 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$U_d = 59.75 \text{ V} < V_{bt} = 8000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 4 \text{ A} < I_{dmax} = 5 \text{ A} < I_d = 5.97 \text{ A}$$

donde:

I_a intensidad de arranque del relé de protección de la línea de M.T. [A]

I_{dmax} limitación de la intensidad a tierra, en este caso por parte de la compañía [A]

I_d intensidad de defecto real calculada [A]

2.3.3.8 Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

3 INSTALACIONES B.T.

3.1 ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL

3.1.1 POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO

El suministro de energía eléctrica a la Estación de Rebombreo se realizará por medio de un Centro de Transformación propio a construir en el interior de un edificio prefabricado, ubicado al lado de la Estación. Dicho Centro de Transformación se ha descrito en el apartado 2.1 de la presente memoria. La tensión nominal de suministro será una tensión trifásica entre fases de 15000 voltios. La frecuencia de la señal será de 50 Hz.

La potencia instalada vendrá dada por la suma de las potencias nominales de los diferentes motores o receptores. Para calcular la potencia necesaria a aportar por parte del transformador se aplicará un coeficiente de simultaneidad de utilización que, según el régimen previsto de funcionamiento de la instalación minorará la potencia instalada.

A continuación se relacionan los consumidores a instalar y las potencias previstas en el Cuadro de Baja Tensión:

Salida nº	MOTOR O RECEPTOR	P. inst (kW)
3	Motor bomba 1	160
3	Motor válvula de admisión 1	0.75
3	Motor válvula de impulsión 1	0.75
3	Motor ventilador bomba 1	1.5
3	Condensador trifásico 1	- (40 kVAr)
4	Motor bomba 2	160
4	Motor válvula de admisión 2	0.75
4	Motor válvula de impulsión 2	0.75
4	Motor ventilador bomba 2	1.5
4	Condensador trifásico 2	- (40 kVAr)
5	Motor bomba 3	160
5	Motor válvula de admisión 3	0.75
5	Motor válvula de impulsión 3	0.75
5	Motor ventilador bomba 3	1.5
5	Condensador trifásico 3	- (40 kVAr)
6	Motor bomba 4	160
6	Motor válvula de admisión 4	0.75
6	Motor válvula de impulsión 4	0.75
6	Motor ventilador bomba 4	1.5
6	Condensador trifásico 4	- (40 kVAr)
7	Motor bomba 5	160
7	Motor válvula de admisión 5	0.75
7	Motor válvula de impulsión 5	0.75
7	Motor ventilador bomba 5	1.5
7	Condensador trifásico 5	- (40 kVAr)
8	Motor bomba 6	160
8	Motor válvula de admisión 6	0.75
8	Motor válvula de impulsión 6	0.75
8	Motor ventilador bomba 6	1.5
8	Condensador trifásico 6	- (40 kVAr)
2	Emergencias Centro de Transformación	0.022
2	Tomas de corriente C.T.	3.45
2	Alumbrado Centro de Transformación	0.072
2	Emergencias 1 Estación de Rebombreo	0.077

2	Alumbrado 1 sala de máquinas parte izda	0.576
2	Alumbrado 2 sala de máquinas parte drcha	0.576
2	Alumbrado 3 sala de control y almacenes	0.216
2	Emergencias 2 Estación de Rebombeo	0.088
2	T. de corriente 1 sala de máquinas	3.45
2	T. de corriente 2 sala de máquinas	3.45
2	T. de corriente 3 sala de control y almacenes	3.45
2	Sistema de control	1
2	T. de corriente trifásicas	10
2	2 motores desplazamiento del puente grúa	2.2
2	Motor elevación puente grúa	7.5
2	2 motores desplazamiento carro puente grúa	0.74
	TOTAL	1014.867

La suma total de las potencias instaladas asciende a: **1014.867 kW**.

Cabe señalar que tal y como se justifica en el apartado 4.1.4 de la presente Memoria, los equipos de bombeo necesarios actualmente son 5, pero ante la posibilidad de una próxima nueva demanda de solicitantes para la incorporación en el proyecto señalado de transformación de tierras de secano en regadío, con el consiguiente aumento de las hectáreas a regar, se ha tomado la decisión de incorporar a los cálculos justificativos del tamaño del transformador del Centro de Transformación, un nuevo equipo de bombeo con las mismas características que los anteriores. Este nuevo equipo está representado en el plano 2.3.3 que representa el esquema unifilar de la instalación de B.T., y también figuran los diferentes cálculos eléctricos en el apartado 3.1.4.3.2, aunque el valor de todo el conjunto del nuevo equipo no viene incluido en el Presupuesto General del presente proyecto, ya que tan solo se van a contabilizar las instalaciones proyectadas para su uso actual. Para aclarar si que se incluirá el motor bomba ya que inicialmente es conveniente que haya un motor bomba de reserva por si urge algún imprevisto o avería, pero no se va a incluir en este Presupuesto General sus protecciones necesarias, así como su montaje e instalación de todo este nuevo equipo.

Teniendo en cuenta que las bombas pueden funcionar al mismo tiempo, no consideraremos ningún coeficiente de simultaneidad para los equipos de bombeo, salvo la apreciación que debido a la construcción de la automatización, tanto las válvulas de aspiración como las de impulsión nunca pueden funcionar a la vez que el motor bomba.

Para el resto de la instalación de Baja Tensión, es decir alumbrado, tomas, puente grúa, se va a considerar un coeficiente de simultaneidad de 0.6.

3.1.2 TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN

La tensión de suministro desde el transformador será trifásica en baja tensión a 400 V entre fases, en corriente alterna (50 Hz), y 230 V entre fase y neutro. Dichos valores de tensión deberán de ser garantizados con la instalación en carga.

3.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1.3.1 Instalación de enlace

En este apartado se hace referencia a la acometida de los cables de entrada a la Estación de Rebombeo.

La acometida desde el cuadro de baja tensión situado en el Centro de Transformación hasta el cuadro general de los equipos de bombeo situado en la Estación de Rebombeo se realizará a base de conductores unipolares de aislamiento interior de polietileno reticulado y cubierta exterior de PVC, tipo RV-K 0.6/1 kV de sección 630 mm², sin necesidad de conductor neutro, ya que todos los receptores a alimentar en los equipos de bombeo son trifásicos, es decir 3x630 mm² Cu RV-K 0.6/1 kV, tendida por canalización subterránea, y de sección suficiente tal y como se demuestra en el apartado 3.1.4.3.2 de la presente memoria. Los conductores se conectarán por medio de terminales de

conexión del mismo material conductor. El apriete de los mismos se realizará por punzonado con la herramienta correspondiente.

Dicha canalización subterránea consistirá en una zanja de 1.2 m de profundidad por 80 cm de anchura. Los cables se colocarán directamente enterrados al suelo, realizando una triangulación por ternas, apiladas en dos niveles diferentes, conteniendo cada nivel a tres ternas o grupos de cables unipolares. En el fondo se dispondrá de un lecho de arena cribada de unos 10 cm de espesor, sobre la cuál se depositarán los cables. Se cubrirán los cables con otra capa de arena de 30 cm de espesor. Se dispondrá de una placa de PVC (recomendación de ERZ) como medida de protección mecánica. Encima de la placa existirá otra capa de tierra, sin piedras ni cascotes, de unos 20 cm. Se dispondrá de una cinta de PVC con la señalización de advertencia. Finalmente se cubrirá el esto de la zanja con la tierra natural compactada.

También se va a construir otra canalización subterránea de similares características de 80 cm de profundidad y 60 cm de anchura por la que circularán los cables de la línea que conectan el cuadro general de mando y protección del Centro de Transformación con el cuadro de mando y protección de la Estación de Rebombao. Serán conductores unipolares de aislamiento interior de polietileno reticulado y cubierta exterior de PVC, tipo RV-K 0.6/1 kV, de sección 70 mm² con neutro, es decir, 4x70 mm² Cu RV-K 0.6/1 kV.

La tensión nominal de suministro será de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro.

3.1.3.2 Cuadro de mando y protección, descripción de los equipos

Los cuadros de mando y protección que habrá en la instalación de B.T. son:

- Cuadro de Baja Tensión: está situado en el Centro de Transformación (en este caso C.T.-1) y es el encargado de distribuir las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación.
- Cuadro General de Mando y Protección del C.T.-1: distribuye y protege los circuitos del Centro de Transformación.
- Cuadro General de los equipos de bombeo: protege el conjunto de aparatos de bombeo además de poder controlarlos manualmente gracias al sistema de automatización instalado. Los esquemas de potencia y de mando, así como sus conexiones interiores pueden verse en los planos 2.3.4, en sus 4 hojas.
- Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombao: protege los circuitos de alimentación y tomas de corriente, además de la alimentación del puente grúa.
- Cuadro de Mando y Protección del puente grúa: protege y además controla dicho puente grúa mediante la automatización instalada. Al igual que en el caso anterior, los esquemas de potencia y de mando, así como sus conexiones interiores pueden verse en los planos 2.3.5, en sus 4 hojas.

Los cuadros en su conjunto, embarrado, aparamenta, etc..., se diseñarán de acuerdo con los valores de la intensidad nominal, tensión e intensidad de cortocircuito.

El cuadro de los equipos de bombeo estará constituido en chapa de acero de al menos 2 mm de espesor, con los perfiles de refuerzo necesarios. Será de acceso frontal mediante puertas y tendrá una protección mínima IP-55, pues es posible la presencia de polvo y humedad por las características de la instalación y el emplazamiento del lugar.

Este cuadro estará dividido en 6 partes iguales, una de las cuales se dejará libre para futuras ampliación. En cada una de estas partes o módulos irán montados sobre bastidores o placas de montaje el conjunto de elementos constituyente en cada equipo de bombeo.

La construcción estará prevista para montaje contra la pared. Para ell, todos los aparatos y accesorios serán accesibles y desmontables desde el frente.

Cada aparato llevará una etiqueta con su nombre según la nomenclatura descrita en los esquemas de potencia y mando.

Las puertas irán conectadas a masa por medio de latiguillos flexibles de 16 mm² de sección mínima. Cada módulo dispondrá de una manivela de cierre.

En cuanto a los demás cuadros, la altura a la que se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. Se situarán fuera de los locales mojados, y si ésto no fuera posible, se protegerán contra las proyecciones de agua, grado de protección IPX4. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

En los siguientes apartados se va a describir el contenido interior de los elementos debidamente conexicionados, salvo el cuadro de baja tensión cuyo contenido ya ha sido explicado en el apartado 2.1.2.2.4.

3.1.3.2.1 Cuadro General de Mando y Protección de C.T.-1

Este cuadro estará formado por un cofret modular de superficie de material aislante autoextinguible con doble aislamiento, de dimensiones 200x184x94 (altoxanchoxfondo) de 1 fila con 8 módulos, resistencia al fuego IEC 60695-2-1, fondo y tapa frontal 650 °C/30 seg, IP-40, color del cofret blanco con puerta plena. Contiene los siguientes elementos:

- Un interruptor magnetotérmico general marca Merlin Gerin o similar modelo NG125L curva "C" 4 polos de 63 A, poder de corte 50 kA, para protección de la entrada al cuadro.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo NG125L curva "C" 4 polos de 50 A, poder de corte 50 kA, para protección de la salida del cuadro hacia la estación de rebombeo.
- Un interruptor diferencial marca Merlin Gerin o similar modelo Domae de 2 polos 40 A, 30 mA, clase AC.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo NG125N curva "C" 2 polos de 16 A, poder de corte a 240 V de 50 kA, para protección de las tomas de corriente del Centro de Transformación.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo NG125N curva "C" 2 polos de 10 A, poder de corte a 240 V de 50 kA, para protección de la línea de alumbrado y de la de emergencias del Centro de Transformación.

3.1.3.2.2 Cuadro General de los equipos de bombeo

Armario formado por una envolvente metálica de dimensiones 1500x4000x1000 mm, con placa de montaje, grado de protección IP-55, chapa galvanizada con revestimiento de resina epoxi RAL 7032. Tal y como se ha explicado anteriormente, el armario se va a dividir en 6 módulos iguales, 5 para uso actual y un futuro módulo para una posible ampliación futura, conteniendo cada uno de los 5 módulos en su interior debidamente conectados los siguientes elementos:

- Dos interruptores automáticos diferenciales marca Merlin Gerin o similar modelo Vigicompact NS400 con bloque Vigi MB y bloque de relés electrónico STR23SE, 3 polos, poder de corte 50 kA, un interruptor para protección del conjunto del equipo de bombeo y el otro para protección de la línea del motor bomba.
- Un interruptor-seccionador marca Legrand o similar modelo DPX-IS de corte visible en carga de intensidad nominal 400 A para la línea motor bomba.
- Un contactor tripolar de 400 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-F400E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-DN22.
- Un arrancador electrónico suave marca Siemens o similar modelo Sikostart 3RW22, en concreto el tipo 3RW2240-0DB15 para corrientes nominales del motor de 300 A.

- Dos guardamotores tripolares marca Telemecanique o similar modelo GV2-M con regulación térmica comprendida entre 1.6 y 2.5, poder de corte de 100 kA, para las 2 líneas de las válvulas.
- Cuatro contactores tripolares de 6 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-K0610E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-KN02, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en las líneas de las válvulas.
- Un guardamotor tripolar marca Telemecanique o similar modelo GV2-M con regulación térmica comprendida entre 4 y 6.3 A, poder de corte de 100 kA, para la línea del ventilador de la bomba.
- Un contactor tripolar de 9 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D0900E7, categoría AC-3, para conexión del motor del ventilador.
- Un interruptor automático marca Merlin Gerin o similar modelo Compact NS100SX con bloque de relés TM100D, 3 polos, poder de corte 50 kA, para protección de la línea del condensador trifásico.
- Un contactor tripolar para control de condensadores trifásicos marca Telemecanique o similar modelo LC1-DTK12E7, categoría AC-3.
- Un relé electrónico temporizado a la conexión marca Telemecanique o similar modelo RE7.
- Un contactor auxiliar marca Telemecanique o similar modelo CAD32E7 para circuito de mando.
- Pilotos de color verde y rojo de 48 V, además de pulsadores de la marca Bartec o similar para circuito de mando.

3.1.3.2.3 Cuadro de Mando y Protección del puente grúa

Este cuadro estará formado por una estación de maniobra marca Bartec modelo EExedm de acero inoxidable 316L con puerta, estanco, con grado de protección IP-65, de dimensiones 600x600x210 (altoxanchoxfondo) donde pueden incorporarse tanto elementos de panel (pulsadores, pilotos, selectores, amperímetros) situados en el exterior de las envolventes, como elementos sobre placa o aparillaje eléctrico (relés, contactores, trafos, temporizadores...). Llevará conectados correctamente según esquema unifilar los siguientes elementos:

- Interruptor magnetotérmico general marca Merlin Gerin o similar modelo C60N curva "D" 3 polos de 40 A, poder de corte 6 kA, con bloque diferencial Vigi C60, 3 polos de 40 A, 300 mA, clase AC, para proteger la entrada del cuadro del puente grúa.
- Un interruptor magnético o disyuntor marca Telemecanique o similar modelo GV2-LE32 de 3 polos con calibre de protección magnética de 32 A, poder de corte a 440 V de 6 kA, que protege ante cortocircuitos al conjunto de motores del puente grúa.
- Dos contactores tripolares de 25 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D2500E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-DN22, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en la línea del motor elevación.
- Dos contactores tripolares de 12 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-K1210E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-KN22, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en las líneas de los motores desplazamiento puente.
- Dos contactores tripolares de 9 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-K0910E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-KN22, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en las líneas de los motores desplazamiento carro.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR3-D1353 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 17 y 25 A, que protege ante sobrecargas a la línea del motor elevación.

- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR7-K0314 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 5.5 y 8 A, que protege ante sobrecargas a las líneas de los motores desplazamiento puente.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR7-K0310 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 2.6 y 3.7 A, que protege ante sobrecargas a las líneas de los motores desplazamiento carro.
- Un contactor auxiliar marca Telemecanique o similar modelo CAD32E7 para circuito de mando.
- Pilotos de color verde y rojo de 48 V, además de pulsadores de la marca Bartec o similar para circuito de mando.

3.1.3.2.4 Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo

Este cuadro estará formado por un cofret modular de superficie de material aislante autoextinguible con doble aislamiento, de dimensiones 221x364x100 (altoxanchoxfondo) de 1fila con 18 módulos, resistencia al fuego IEC 60695-2-1, fondo y tapa frontal 650 °C/30 seg, IP-40, color del cofret blanco con puerta transparente. Contiene los siguientes elementos:

- Interruptor magnetotérmico general marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 4 polos de 50 A, poder de corte 10 kA, para protección de la entrada al cuadro.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "D" 3 polos de 40 A, poder de corte 10 kA, para proteger la salida al cuadro del puente grúa.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 3 polos de 20 A, poder de corte 10 kA, con bloque diferencial Vigi C60, 3 polos de 25 A, 30 mA, clase AC, para proteger la línea de tomas trifásicas.
- Dos interruptores diferenciales marca Merlin Gerin o similar modelo ID terciario de 4 polos 40 A, 30 mA, clase AC.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 2 polos de 6 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de alumbrado de emergencia.
- Tres interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 2 polos de 10 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de alumbrado.
- Tres interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 2 polos de 16 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de tomas de corriente monofásicas.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "Z" 2 polos de 16 A, poder de corte 25 kA, para proteger la línea del sistema de control.

3.1.3.3 Instalaciones interiores

CONDUCTORES

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

EQUILIBRADO DE CARGAS

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

CONEXIONES

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Los terminales, empalmes y conexiones de las canalizaciones presentarán un grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4.

Las tomas de corriente y aparatos de mando y protección se situarán fuera de los locales mojados, y si ésto no fuera posible, se protegerán contra las proyecciones de agua, grado de protección IPX4. En este caso, sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

SISTEMAS DE INSTALACIÓN

Prescripciones generales

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4.

Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el

sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

3.1.3.4 Sistema de puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

El electrodo de puesta a tierra se define en el plano 2.3.6 y estará compuesto por un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección que unirá los electrodos tipo pica de 2 metros de longitud y de 19 mm de diámetro, según norma UNESA.

3.1.3.4.1 Bornes de puesta a tierra y conductores de protección

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

3.1.3.4.2 Resistencia de las tomas de tierra

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor

- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

Pero siendo más estrictos, la norma UNE 20460 presenta una clasificación detallada de los diferentes locales, en función de múltiples parámetros, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de utilización.

Según el tipo de local, se definen tres valores de tensión de seguridad que no deben rebasarse (12 V para los locales mojados, 25 V para los locales húmedos y 50 V para los locales secos). Estas tensiones, consideradas como no peligrosas, provocan la circulación por el organismo humano de una corriente inferior a 30 mA. En el caso que nos atañe, se ha considerado que la "Estación de Rebombeo General" pertenece al grupo de local mojado. Esta consideración se ha hecho en beneficio de la seguridad. El cálculo de la resistencia de la toma de tierra de esta estación de bombeo se encuentra en el apartado 3.1.4.4 de la presente Memoria.

3.1.3.4.3 Tomas de tierra independientes

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

3.1.3.4.4 Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ($<100 \text{ ohmios.m}$). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada. Precisamente esta distancia está calculada en el apartado 3.1.4.4 dentro de la parte del Anexo de cálculos.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \times R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

3.1.3.4.5 Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

3.1.3.5 Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra las proyecciones de agua "IPX4" y no serán de clase 0. No se admiten aparatos de alumbrado portátiles, excepto cuando se utilice como sistema de protección la separación de circuitos o el empleo de muy bajas tensiones de seguridad.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9. Señalar que en el presente anexo de cálculos se han realizado los cálculos en las líneas de alumbrado considerando un factor de potencia de 0,5, que sería el coeficiente real de una lámpara de descarga sin tener en cuenta el condensador que suelen llevar en su equipamiento, pero esto es en beneficio de la seguridad ya que las líneas de alumbrado realmente van menos sobrecargadas de lo calculado.

3.1.3.6 Receptores a motor

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

Más de 15 kW: 1,5

3.1.3.7 Sistema de control

El sistema eléctrico de los equipos de bombeo podrá funcionar de dos modos distintos:

- Modo manual, actuando directamente el operador sobre los pulsadores de la automatización.
- Modo automático, en el cual los equipos de la estación de rebombeo estarán controlados por un autómata programable que se encargará de realizar las tareas de mando, control y supervisión de la instalación que será en este caso el cuadro del sistema de control.

Este sistema de control tendrá que recibir la señal procedente del sistema de control de la Estación de Rebombeo de la Balsa General, ya que las bombas que están situadas en la Estación de Rebombeo General son las encargadas de llenar la Balsa de Regulación; y además también deberá estar en conexión con el sistema de control de la Captación, ya que aquí es donde se impulsa el agua hasta la Estación de Rebombeo General, aunque como ya se ha citado en apartados anteriores, la instalación de la Captación no entra en este proyecto.

En modo manual, como se ha citado anteriormente, el operador tiene la capacidad de actuar directamente sobre los equipos de bombeo a través de los pulsadores de la automatización, teniendo en cuenta que en este modo de operación el autómata funcionará en modo de supervisión y tendrá la capacidad de mostrar alarmas del sistema si los parámetros a controlar se encuentran fuera de rango. Si dichos parámetros pudieran ser peligrosos para la instalación el autómata también tendrá la capacidad de proporcionar órdenes de arranque y paro de motores. Estos parámetros del sistema podrán ser continuamente consultados por parte del operador para así evitar posibles malas maniobras.

Por lo tanto, se diseñará el sistema para que, en cualquier modo de operación, el autómata supervise el sistema electromecánico y su funcionamiento.

La automatización, cuyos elementos y conexiones se pueden observar en los planos 2.3.4 (estos planos corresponderían a un solo equipo de bombeo) es un sistema de seguridad que asegura un correcto funcionamiento de la instalación con la posibilidad como se ha explicado en los párrafos anteriores de los dos modos de funcionamiento. La transición de operaciones sería la siguiente:

1. El operador o el autómata observan una falta de presión en el sistema por un aumento de la demanda y deciden que hay que encender un equipo de bombeo, por lo que pulsan o activan el pulsador de marcha de control, el operador el que viene presentado en el esquema de mando como SB121 y el autómata dará la orden a los contactos SB122 y SB132, representados como pulsadores de control de externo.
2. Entonces las válvulas motorizadas tanto de aspiración como de impulsión empiezan a abrirse. Este recorrido está controlado por los finales de carrera SQ121 y SQ131.

3. Al llegar al límite de la apretura de las válvulas, los finales de carrera SQ121 y SQ131 normalmente cerrados se abren y al abrirse activan el circuito de la temporización KT17.
4. Esta temporización tiene la misión de esperar unos cuantos segundos mientras las bomba se llena de agua. Esta agua vendría del retorno de la válvula de impulsión. Además sirve como seguridad para no activar el motor bomba hasta que las válvulas no se hallen completamente abiertas.
5. Transcurridos esos segundos, el motor bomba se conecta. Al conectarse este motor, también se conectan el condensador trifásico y el ventilador de la bomba.
6. Cuando el operador o el autómatas consideren que es preciso apagar la bomba, el operador tendrá que pulsar el pulsador SB011, mientras que el autómatas activar SB012. Con esto el motor bomba se desactivaría.
7. Posteriormente habría que cerrar las válvulas motorizadas tanto de aspiración como de impulsión. Para ello el operador tendría que pulsar SB221 y SB231 para cerrar una y otra respectivamente, mientras que el autómatas activar SB222 y SB232.
8. Sus motores correspondientes comenzarían a cerrar las válvulas hasta que los finales de carrera SQ122 y SQ132 detectasen el final del trayecto, desconectando ambos motores.

Este sería su funcionamiento básico. Aparte la automatización lleva diferentes medidas de seguridad que las citamos a continuación:

- I. Contactos auxiliares cruzados de los contactores en el esquema de mando en las ramas que alimentan a los órganos de mando de estos contactores. Como se puede observar en el circuito de potencia, tanto en la línea del motor de la válvula de aspiración como en la de la válvula de impulsión existe una estructura inversora formada a base de contactores. Por tanto es muy importante este cruzamiento de contactos auxiliares para así evitar que ambos contactores estén conectados a la vez y evitar así un cortocircuito.
- II. Se han colocado también contactos auxiliares que evitan que mientras esté funcionando alguna de las válvulas en el sentido que sea, el motor bomba es imposible se que conecte ya que no le llegaría alimentación al órganos de mando del contactor que conecta el motor de la bomba.
- III. Aparte del pulsador de paro, existen pulsadores de emergencia, distribuidos a lo largo de diferentes puntos a lo largo de la Estación que paran los diferentes equipos de bombeo y además con enclavamiento, es decir, si no se manipulan no vuelven a su posición habitual.
- IV. Si los relés térmicos detectan algún problema de sobrecarga, la automatización entera se para, sea el motor que sea. Si existiese algún problema con el motor del ventilador de la bomba y el guardamotor se abriese, esto no pararía la automatización entera ya que se ha considerado que no es fundamental para el funcionamiento del sistema. Eso sí, el automatismo recibe las señales de sensores tanto de temperatura ambiente como de temperatura de la bomba, y entonces sería esta la encargada de desconectar el motor bomba correspondiente.

Por último señalar que las principales funciones que implementará el programa de lógica local del autómatas serán:

- Automatización y gestión del arranque/parada del bombeo en función del nivel de la pequeña balsa de abastecimiento.
- Vigilancia del estado de la bomba: parada, marcha, automático, fuera de servicio, en fallo.
- Control de las horas de funcionamiento y número de arranques.
- Medida del caudal instantáneo y volumen (totalizadores).
- Vigilancia del estado del medidor de caudal.
- Medida en continuo del nivel de la balsa.

- Vigilancia del estado del medidor de nivel en continuo y de las sondas de nivel máximo y mínimo.
- Autoajuste del medidor de nivel en continuo.
- Medida en continuo de la presión de impulsión del bombeo.
- Vigilancia del estado de los medidores de presión.
- Vigilancia del estado del presostato de seguridad de impulsión del bombeo.
- Vigilancia de los parámetros eléctricos de la estación (tensión, intensidad, energía, potencia).
- Gestión energética: automatización del arranque/parada del bombeo en función de la tarifa eléctrica.
- Envío de alarmas a teléfonos móviles, enlazando variables con mensajes y textos totalmente parametrizables.
- Teleconsulta y telelectura desde teléfono móvil y/o ordenador remoto de estados, con mensajes y textos totalmente parametrizables.
- Telemando para activación de las salidas digitales desde teléfono móvil (mediante mensajes SMS) u ordenador remoto: órdenes de arranque (ON/OFF) o rearme (Reset).
- Detección del estado de las baterías.
- Generación y registro de alarmas: Nivel captación alto/bajo; presión impulsión alta/baja; fallo en el bombeo; fallo de tensión de alimentación; baterías bajas.

3.1.4 ANEXO DE CÁLCULOS

3.1.4.1 Justificación del cálculo del puente en B.T. entre el transformador y el cuadro de B.T.

Tal y como está calculado en el apartado 2.1.3.2 de la presente memoria, la intensidad de salida del transformador en B.T. es de 2309.4 A. Dicha corriente tiene que ser admitida por los cables que formarán el puente aéreo entre el transformador y el cuadro de B.T. Parece bastante claro que debido a la magnitud de esta corriente, se van a tener que utilizar varios cables en paralelo para cada fase. Por su maniobrabilidad, capacidad de carga y su flexibilidad se ha estimado el uso de cable de cobre de polietileno reticulado 240 mm² RZ1-K 0.6/1 kV. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la tabla 2 de la ITC-BT-19, fila F, considera que un cable unipolar de las características citadas en las líneas anteriores admite una intensidad de corriente máxima de 552 A.

Por lo tanto, el número de cables por fase necesarios será de:

$$2309.4 / 552 = 4.18 \rightarrow 5 \text{ cables por fase}$$

Por lo tanto el puente estará compuesto por 5 cables de 240 mm² por fase y 5 cables de 120 mm² para el neutro, aunque viendo que la mayor parte de la carga de los receptores en la Estación de Rebombeo son trifásicos, alimentados por circuitos trifásicos sin neutro, como el caso de todos los equipos de bombeo, lo más razonable sería reducir el número de cables en el neutro a 3, con lo que nos quedaría:

$$5(3 \times 1 \times 240) + 3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Cu RZ1-K 0.6/1 kV}$$

3.1.4.2 Fórmulas

3.1.4.2.1 Cálculo de la caída de tensión

La caída de tensión en una línea o fase se puede expresar según la ecuación:

$$\Delta U_{\text{fase}} = R_L \times I \times \cos\phi + X_L \times I \times \sin\phi$$

En donde:

ΔU_{fase} La caída de tensión en una fase en voltios (V).

R_L Representa la parte óhmica de la fase, su resistencia, en ohmios (Ω).

X_L Representa la parte inductiva de la fase, su reactancia, en ohmios (Ω).

I Representa la intensidad que circula por esa fase, en amperios (A).

ϕ Desfase entre las ondas de intensidad y de tensión debido a la carga conectada, que viene expresada en grados ($^\circ$).

Si expresamos los parámetros de una línea eléctrica en ohmios por unidad de longitud, la ecuación anterior queda de la siguiente forma:

$$\Delta U_{\text{fase}} = I \times L \times (R'_L + X'_L \times \tan\phi) \times \cos\phi = I \times L \times \psi \times \cos\phi$$

Siendo:

L Longitud de la línea en metros (m).

R'_L Resistencia de la línea por unidad de longitud, en ohmios / metro (Ω / m).

X'_L Inductancia de la línea por unidad de longitud, en ohmios / metro (Ω / m).

ψ Impedancia longitudinal específica de la línea por unidad de longitud, en Ω / m .

Si se considera el caso de una **línea trifásica** en la que la tensión en los extremos de la carga se mantiene muy próxima a la tensión nominal de la línea, como ocurre en el correcto diseño de una línea y la ΔU_{fase} la referenciamos precisamente a la tensión nominal entre fases U_N (tensión de línea), la fórmula anterior queda:

$$\Delta U_L = (P \times L \times \psi) / U_N$$

resultando:

ΔU_L Caída de tensión en una línea trifásica referenciada a la tensión de línea en voltios (V).

P Potencia activa de la carga o receptor conectada a la línea en vatios (W).

U_N Tensión de la línea del sistema trifásico en voltios (V).

Para expresarlo en porcentaje respecto a la tensión de línea U_N haremos:

$$\Delta U_L(\%) = (100 \times \Delta U_L) / U_N$$

En el caso de una **línea monofásica**, teniendo en cuenta el cable de retorno, la expresión de la caída de tensión queda:

$$\Delta U = 2 \times I \times L \times \psi \times \cos\phi.$$

Y siguiendo el razonamiento análogo utilizado en el caso trifásico conducen a la fórmula:

$$\Delta U = (2 \times P \times L \times \psi) / U_N$$

En este caso solo hablamos de ΔU ya que en una línea monofásica solo tenemos una tensión. Al igual que para el caso trifásico, para calcular la ΔU en porcentaje:

$$\Delta U(\%) = (100 \times \Delta U) / U_N$$

Siendo para este caso monofásico $U_N = 230 \text{ V}$.

Recordar que según el R.E.B.T., en la I.T.C.-B.T. 19, para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador (en este proyecto se ha considerado el cuadro de B.T.) y la caída de tensión máxima es:

- 4,5 % para alumbrado
- 6,5 % para los demás usos en general

Teniendo en cuenta el comportamiento real de los cables, los efectos inductivos en los cables se pueden despreciar para secciones inferiores o iguales a 120 mm^2 . Para secciones superiores, el dato de inductancia que se va a tomar va a ser el proporcionado por el fabricante (en este caso Pirelli).

Respecto a la parte óhmica señalar que:

$$R'L = 1 / (\sigma \times S)$$

Donde:

- σ Conductividad del cable en $\text{m} / (\Omega \times \text{mm}^2)$.
- S Sección del cable en mm^2 .

Si se desprecia la reactancia, la caída de tensión en una **línea trifásica** (con referencia a la tensión de línea) será:

$$\Delta U_L = (P \times L) / (U_N \times \sigma \times S)$$

Y para una **línea monofásica**:

$$\Delta U = (2 \times P \times L) / (U_N \times \sigma \times S)$$

3.1.4.2.2 Cálculo de la sección de un conductor

Siguiendo con las ecuaciones anteriores, si se considera que la reactancia de un conductor es despreciable, despejando la sección en el caso de la **línea trifásica** queda:

$$S = (P \times L) / (U_N \times \Delta U_L \times \sigma)$$

Igualmente para una **línea monofásica**:

$$S = (2 \times P \times L) / (U_N \times \Delta U_L \times \sigma)$$

Si la sección es mayor de 120 mm², para realizar un cálculo más exacto, se considerará el valor de la reactancia proporcionada por el fabricante. Para este caso, en una **línea trifásica** volviendo a despejar la sección queda:

$$S = 1 / \{ \sigma \times [(\Delta U_L \times U_N) / (P \times L) - (X' L \times \tan \phi)] \}$$

Y en una **línea monofásica**:

$$S = 2 / \{ \sigma \times [(\Delta U_L \times U_N) / (P \times L) - (X' L \times \tan \phi)] \}$$

3.1.4.2.3 Cálculo de la temperatura de un conductor

La temperatura de un conductor es un factor que influye en su conductividad (σ). En este anexo de cálculos, no se va a tener esto en cuenta, aunque si se va a considerar el caso más desfavorable según el aislamiento que lleve el cable. La temperatura del conductor siempre tiene que ser inferior a la máxima temperatura que aguanta el material aislante que proteja a ese conductor.

$$T = T_0 + [(T_{MAX} - T_0) \times (I / I_{MAX})^2]$$

Siendo:

- T Temperatura del conductor (°C).
- T₀ Temperatura ambiente (°C):
 - Cables enterrados = 25°C
 - Cables al aire = 40°C
- T_{MAX} Temperatura máxima del conductor (°C).
 - XLPE, EPR, Z = 90°C
 - PVC, Z1 = 70°C
- I Intensidad prevista por el conductor (A).
- I_{MAX} Intensidad máxima admisible del conductor (A).

3.1.4.2.4 Cálculo de las protecciones de la línea

Un dispositivo de protección frente a sobrecargas debe satisfacer las 2 condiciones siguientes:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

$$I_z \leq 1.45 \times I_z$$

Donde:

- I_b Intensidad utilizada en el circuito (A).

- IN Intensidad nominal del dispositivo de protección (para los dispositivos de protección regulables, IN es la intensidad de regulación escogida).
- Iz Intensidad máxima admitida por el conductor según la norma UNE 20-460/5-523.
- I2 Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I2 se toma igual a:

La intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional de los interruptores automáticos ($I_2 = 1.45 \times I_N$ según la norma EN-60898), lo que se cumple siempre con la primera ecuación.

La intensidad de fusión en el tiempo convencional de los fusibles normalizados $I_2 = 1.6 \times I_N$ (según la norma EN-60269), lo que equivale a elegir $I_N \leq 0.9 \times I_z$.

Lo que en resumen se traduce que los calibres (IN) de los **interruptores automáticos** tienen que cumplir:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

Y para los **fusibles**:

$$I_b \leq I_N \leq 0.9 \times I_z$$

Los **interruptores automáticos magnetotérmicos** están caracterizados por una curva de disparo tiempo-intensidad. De acuerdo con las normas europeas (EN 60898 y EN 60947.2), considerando un tiempo de desconexión máximo de 0.1 segundos y siendo IN su intensidad nominal, la clasificación de los interruptores automáticos es:

- **Curva B:** Disparan para intensidades entre 3 y 5 IN.
- **Curva C:** Disparan para intensidades entre 5 y 10 IN. Apto para protección de receptores en general y líneas cortas.
- **Curva D:** Disparan para intensidades entre 10 y 14 IN. Apto para receptores con fuertes puntas de arranque (motores) y transformadores BT/BT.
- **Curva MA:** Disparan para intensidades fijadas a 12 IN. También se usan para el arranque de motores, pero a diferencia de los anteriores, no presentan protección frente a sobrecargas.
- **Curva Z:** Disparan para intensidades entre 2.4 y 3.6 IN. Están diseñados para la protección de circuitos electrónicos.

En cuanto a los **fusibles**, en este proyecto se han usado de 2 tipos:

- **Tipo gG:** Fusibles de rango completo para aplicación general.
- **Tipo aM:** Fusibles de curva parcial para protección de motores.

Señalar que para elegir los **interruptores diferenciales**, la intensidad asignada (IN) ha de ser igual o mayor que la intensidad (es decir su calibre) que dejen pasar los interruptores magnetotérmicos o automáticos en un mismo cable. Para elegir los **guardamotores** se tiene en cuenta solo la intensidad absorbida por el motor, sin multiplicarla por ningún coeficiente de arranque ni nada. Y en el caso de los **relés térmicos** se busca aquel cuyo resultado de multiplicar la intensidad absorbida del motor por 1.3, este comprendido dentro de la zona de reglaje del relé.

3.1.4.2.5 Cálculo de las impedancias de cortocircuito

Para calcular la intensidad de cortocircuito (I_{cc}) que tienen que ser capaces de cortar las protecciones de la instalación de B.T., hay que calcular previamente las impedancias de los elementos de la red. También tener en cuenta que se quiere calcular la I_{cc} en puntos situados a baja tensión (400 V), por lo que las impedancias de la red y de la línea aérea habrá que referenciarlas a baja tensión.

IMPEDANCIA RED DE ALIMENTACIÓN DE M.T.

Datos de la Red Eléctrica:

- Tensión de servicio: 15 kV.
- Intensidad de Cortocircuito Nominal: 20 kA.
- Potencia de Cortocircuito: 519.6 MVA.

La impedancia de la red referida en A.T. se calcula como:

$$Z_{RED\ M.T.} = U^2 / S_{cc} = [(15 \times 10^3)^2] / (519.6 \times 10^6) = 0.433\ \Omega.$$

Si la resistencia R_{RED} y la reactancia X_{RED} son desconocidas, puede tomarse:

$$X_{RED\ M.T.} = 0.995 \times Z_{RED\ A.T.} = 0.995 \times 0.433 = 0.4308\ \Omega.$$

$$R_{RED\ M.T.} = 0.1 \times X_{RED\ A.T.} = 0.1 \times 0.4308 = 0.04308\ \Omega.$$

Si se referencia a baja tensión:

$$X_{RED\ B.T.} = X_{RED\ M.T.} / (U_{M.T.} / U_{M.T.})^2 = 0.4308 / (15000 / 400)^2 = 0.306\ m\Omega = 0.306 \times 10^{-3}\ \Omega.$$

$$R_{RED\ B.T.} = R_{RED\ M.T.} / (U_{M.T.} / U_{M.T.})^2 = 0.04308 / (15000 / 400)^2 = 0.0306\ m\Omega = 0.306 \times 10^{-4}\ \Omega$$

IMPEDANCIA DE LA LÍNEA AÉREA

Esta línea aérea es la que alimenta el C.T. enganchando en la línea de M.T. más próxima. A continuación se muestra una tabla con las características de los conductores LA más utilizados donde aparecen valores de resistencia, sección y conductividad:

Magnitud	LA-30	LA-56	LA-78	LA-110	LA-145
Características de los conductores					
R (Ω/km)	1.0749	0.6136	0.4261	0.3066	0.2422
S (mm^2)	31.1	54.6	78.6	116.2	147.1
δ_c (A/mm^2)	4.376	3.6114	3.176	2.695	2.502

Se calcula la corriente máxima que puede absorber el C.T., la cual vendrá marcada por la potencia aparente del transformador:

$$I_{M.T.} = S_{TRAFO} / [(\sqrt{3}) \times U] = 1600000 / [(\sqrt{3}) \times 15000] = 61.58\ A$$

Se comprueba si el cable LA-30 sirve:

$$I_z\ M.T. = \delta_c \times S = 4.376 \times 31.1 = 136.09\ A > 61.58\ A \rightarrow \text{Válido}$$

La Resistencia viene en la tabla anterior, pero habrá que calcular la reactancia. Su fórmula es:

$$X' = \omega \times L_k = 2 \times \pi \times f \times L_k$$

En donde:

X' reactancia kilométrica en Ω/km .

ω pulsación.

L_k inductancia kilométrica.

f frecuencia de la onda sinusoidal, en este caso 50 Hz.

La inductancia kilométrica en una línea aérea de M.T. se calcula:

$$L_k = \left\{ \left[\mu / (2 \times n) \right] + \left[2 \times \ln(D / r) \right] \right\} \times 10^{-4} \quad [\text{H/km}]$$

siendo:

μ Permeabilidad que para cables de Al y Cu el valor será 1.

N Número de conductores por fase, en este caso también 1.

D Distancia Media Geométrica (D.M.G.), en metros.

R Radio Medio Geométrico (R.M.G.), en metros.

La Distancia Media Geométrica hace referencia a la distancia entre las fases, en este caso en una línea aérea. Se considera como distancia entre fases R-S y S-T 1 m, con lo cual se calcula:

$$\text{DMG} = (\text{DR-S} \times \text{DS-T} \times \text{DT-R})^{1/3} = (1 \times 1 \times 2)^{1/3} = 1.26 \text{ m}$$

Al tratarse de un conductor por fase, el Radio Medio Geométrico coincide con el radio del cable, pero debido a que estos tipos de cables están formados por alambres de Al y Ac y no forman una circunferencia perfecta, se corrige este radio con un factor 0.95. El valor de la sección se encuentra en la tabla anterior.

$$S = \pi \times r^2 \rightarrow r = \sqrt{(S / \pi)} = \sqrt{(31.1 / \pi)} = 3.1463 \text{ mm} \rightarrow r \text{ (corregido)} = 2.9889 \text{ mm}$$

Si se sustituyen estos valores en la ecuación de la inductancia kilométrica queda $L_k = 1.2587 \times 10^{-3} \text{ H/km}$.

La distancia entre el punto de enganche de la red de M.T. y el centro de transformación es de 1.16 km.

El valor de la resistencia de esta línea aérea es de (R' sacado de la tabla) y el de la reactancia, eso si referidos a M.T. son:

$$R_{L.A.} = R' \times L = 1.0749 \times 1.16 = 1.2468 \Omega.$$

$$X_{L.A.} = 2 \times \pi \times 50 \times (1.2587 \times 10^{-3}) \times 1.16 = 0.4587 \Omega.$$

Si se referencia a B.T.:

$$R_{L.A. B.T.} = R_{L.A. M.T.} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 1.2468 / (15000 / 400)^2 = 8.86 \times 10^{-4} \Omega.$$

$$X_{L.A. B.T.} = X_{L.A. M.T.} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 0.4587 / (15000 / 400)^2 = 3.26 \times 10^{-4} \Omega.$$

IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

La impedancia de cortocircuito de un transformador de dos arrollamientos $Z_T = R_T + jX_T$ vista desde el secundario se calcula según:

$$Z_T = (U_{cc} \times U_T^2) / S_N = (6 / 100) \times [420^2 / 1600000] = 6.615 \times 10^{-3} \Omega.$$

Donde:

U_T Tensión de línea en el secundario con el transformador en vacío, y cuando en el primario aplicamos la tensión nominal U_N del transformador. Viene indicado en el catálogo del fabricante.

S_N La potencia aparente del transformador, en VA.

$u_{cc} = U_{cc} / U_N \rightarrow$ u_{cc} se calcula como la tensión aplicada en el primario tal que, cuando el secundario está en cortocircuito, la intensidad del secundario es la nominal. Se divide por U_N para expresarlo en tanto por uno respecto de la tensión nominal. Viene también en el catálogo.

Se puede hallar la resistencia R_T a partir de las pérdidas por efecto Joule (P_T):

$$R_T = P_T / (3 \times I_N^2) = 14000 / (3 \times 2309.4^2) = 8.75 \times 10^{-4} \Omega$$

Teniendo en cuenta que:

P_T Potencia perdida a plena carga del transformador, en watios (W).

I_N Corriente nominal por el secundario del transformador, en amperios (A).

Sabiendo esto, la reactancia del transformador sería:

$$X_T = \sqrt{(Z_T^2 - R_T^2)} = 6.55 \times 10^{-3} \Omega$$

IMPEDANCIA DE LOS CABLES DE BAJA TENSIÓN

La impedancia de estas líneas se calcula como $Z_L = R_L + jX_L$, donde la resistencia R_L y la reactancia X_L se determinan a partir de la resistencia por unidad de longitud R'_L y la reactancia por unidad de longitud X'_L . Señalar que la conductividad en este caso se toma como referencia a la temperatura del conductor a 20 °C (56 m/Ωmm²); y para la X'_L su valor depende de la forma en que se agrupen los cables y de su sección. Los valores finalmente usados son:

Sección (mm ²)	6	70	240	630
Reactancia X'_L (mΩ/m)	0.119	0.084	0.081	0.07

IMPEDANCIA DE LOS MOTORES

En los motores asíncronos, cuando se produce un cortocircuito tripular, el campo magnético no desaparece bruscamente al anularse la tensión de red, contribuyendo a la corriente de cortocircuito durante un intervalo de tiempo corto. En este caso solo se han considerado los motores-

bomba y el motor-elevación del puente grúa. El resto de los motores no se han considerado debido a su escasa potencia. Recordar que hay instalados 6 motores-bomba.

$$X_{M.BOMBA} = (e / 100) \times (U^2_N / P_N) = (22 / 100) \times (400^2 / 160000) = 0.22 \, \Omega$$

$$X_{M. GRUA} = (e / 100) \times (U^2_N / P_N) = (25 / 100) \times (400^2 / 7500) = 5.3333 \, \Omega$$

Siendo:

e valor de la impedancia expresado en %. Suele rondar entre el 20 y el 25%.

P_N potencia nominal de motor, en watos (W).

El valor de la resistencia R es del orden de 0.2 x X, lo que da:

$$R_{M.BOMBA} \rightarrow 0.2 \times R_{M.BOMBA} = 0.2 \times 0.22 = 0.044 \, \Omega$$

$$R_{M. GRUA} \rightarrow 0.2 \times R_{M.GRUA} = 0.2 \times 5.3333 = 1.066 \, \Omega$$

RESULTADO DE LA IMPEDANCIA TOTAL Y CÁLCULO DE LA I_{cc} Y DE LA I_p

El cálculo de la impedancia total consiste en ir asociando las diferentes impedancias en serie o en paralelo según corresponda hasta dar como resultado una única impedancia, que será precisamente la impedancia equivalente vista desde el punto de cálculo, es decir, el punto en el que se instalará la protección ante cortocircuitos.

Las fórmulas usadas para calcular esta impedancia equivalente han sido las siguientes:

- Asociación en serie.

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

- Asociación en paralelo.

$$1 / Z_t = 1 / Z_1 + 1 / Z_2 + \dots + 1 / Z_n$$

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_{cc} = \sqrt{(R^2_{cc} + X^2_{cc})}$$

Una vez ya se tiene esto, ya se puede calcular la intensidad de cortocircuito (I_{cc}):

$$I''_{cc} = (c \times U_N) / [(\sqrt{3}) \times Z_{cc}]$$

Donde:

I''_{cc} Intensidad de cortocircuito simétrica inicial, en valor eficaz, también llamada corriente alterna inicial de cortocircuito. La forma que se ha empleado para este anexo ha sido el cálculo de un cortocircuito trifásico simétrico, el caso más desfavorable de todos.

c Factor de tensión usado para los cálculos en baja tensión según UNE 21-240-94. Debe ser considerado al despreciar las capacidades de la línea y resume el efecto de la variación de tensión en el tiempo y de excitación en las máquinas.

$U_n / \sqrt{3}$ Es la tensión de fase, en valor eficaz.

Z_{cc} Impedancia de cortocircuito resultado de la asociación de todas las impedancias aguas arriba del punto de defecto o de cálculo.

Hay que tener en cuenta que I''_{cc} va a quedar como un número complejo, con módulo y argumento. El valor a fijarse para saber el poder de corte del interruptor que necesitamos va a ser evidentemente el módulo. Señalar que tanto la red de M.T. como los motores antes señalados en el apartado anterior, a la hora de dibujar el circuito equivalente, se consideraran como fuente de tensión de fase siendo referencia de fase.

El módulo y el argumento en la Z_{cc} habrá que llevarlo hasta el final. Cuando se vaya a calcular la I''_{cc} en puntos considerados eléctricamente iguales, se calculará para el caso más desfavorable siendo ese valor el de referencia para ese punto.

Para terminar ya solo faltaría por calcular la corriente de cortocircuito de choque (I_p):

$$I_p = k \times \sqrt{2} \times I''_{cc}$$

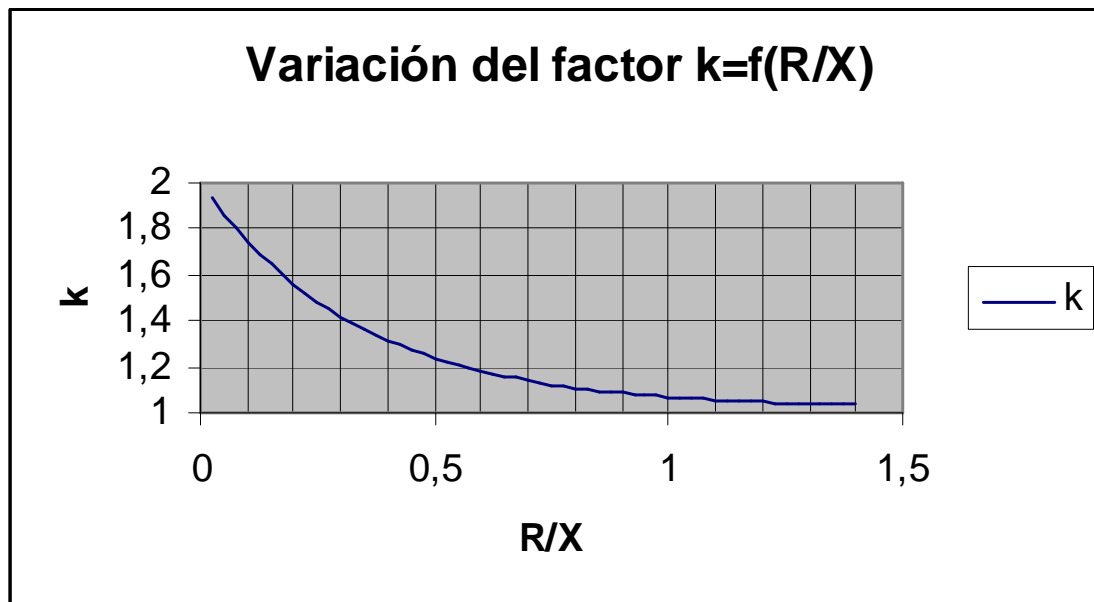
Siendo:

k Factor función del cociente R / X , es decir, en este caso R_{cc} / X_{cc} . Hay 2 formas de calcularlo:

- Gráficamente mediante la gráfica de abajo "Variación del factor $k=f(R/X)$
- Analíticamente mediante la expresión $k = 1.02 + 0.98 \times e^{-[(3 \times R) / X]}$

I_p Es la amplitud o valor de cresta de la corriente de cortocircuito I''_{cc} .

Este valor nos sirve para saber los esfuerzos electrodinámicos que va a tener que aguantar el elemento de protección.



3.1.4.3 Previsión de cargas

A continuación se va a realizar un cálculo y una justificación de toda la instalación eléctrica de baja tensión que comprende el centro de transformación 1 (C.T.-1) y la estación de bombeo general.

Toda esta instalación eléctrica viene distribuida en 4 cuadros de mando y distribución:

- Cuadro de Baja Tensión (C.B.T.): situado en el C.T.-1 justo a la salida del transformador, en el que encontramos 8 salidas (6 reservadas para los respectivos equipos de bombeo, 1 para alimentación general de tomas de corriente, alumbrado y puente grúa, y la última que se deja para reserva).
- Cuadro General de Mando y Protección del C.T.-1 (C.C.T.): donde se dirige precisamente la salida anterior para alimentación general. Alimenta los circuitos de alumbrado y el circuito de tomas del C.T.-1. Este cuadro se encuentra conectado con el Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo.
- Cuadro General de los equipos de bombeo (C1): de donde se alimenta, se protegen y además se pueden controlar los equipos de bombeo.
- Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo (C.E.R.): de donde se alimenta toda la iluminación y tomas de corriente de dicha estación, además de la alimentación del puente grúa.
- Cuadro de Mando y Protección del puente grúa (C3): del que además se puede controlar dicho puente.

Primero se van a realizar todos los cálculos correspondientes a la salida de la alimentación general de tomas, alumbrado y puente grúa; y una vez acabados vendrán descritos los correspondientes a los equipos de bombeo.

En este procedimiento que se va a seguir para exponer los cálculos, primero se va a exponer una tabla con el resumen de las potencias de cálculo utilizadas en cada línea, además de otras características como localización, $\cos\phi$ y potencia reactiva. A continuación se irá cuadro por cuadro exponiendo las características y razonamientos de cada una de las líneas, empezando aguas arriba para ir bajando aguas abajo hasta completar todas las características de las diferentes líneas. El Cuadro de Baja Tensión se va a realizar al final una vez se sepa la potencia necesaria demandada.

3.1.4.3.1 Salida alimentación receptores genéricos

RESUMEN DE POTENCIAS DE CÁLCULO

Designación	Localización	P. activa (W)	$\cos\phi$ (°)	P. reactiva (VAr)
Alumb. del C.T. (I6)	C.T.-1	129.6	0.5	224.47
Alumb. Emerg. C.T. (I7)	C.T.-1	39.6	0.5	68.58
T. de corriente C.T. (LF5)	C.T.-1	3450	1	0
Alumb. Bombas 1 (I1)	Est. Rebombeo	1036.8	0.5	1795.79
Alumb. Bombas 2 (I2)	Est. Rebombeo	1036.8	0.5	1795.79
Alumb. S.control y almac (I3)	Est. Rebombeo	388.8	0.5	673.42
Alumb. Emerg. 1 (I4)	Est. Rebombeo	138.6	0.5	240.06
Alumb. Emerg. 2 (I5)	Est. Rebombeo	158.4	0.5	274.35
T. de corriente (LF1)	Est. Rebombeo	3450	1	0
T. de corriente (LF2)	Est. Rebombeo	3450	1	0
T. de corriente (LF3)	Est. Rebombeo	3450	1	0
T. corriente trifásica (LF4)	Est. Rebombeo	10000	1	0
Sist. de control (C2)	Est. Rebombeo	1000	0.5	1732.05
2 líneas Motores Desp. Carro	Est. Rebombeo	1104.47	0.71	1095.44
1 línea Motor Elevación	Est. Rebombeo	14508.93	0.84	9368.27
2 líneas Motores Desp. Puent	Est. Rebombeo	3013.69	0.77	2497.23
	TOTAL	46355.69	TOTAL	19765.45

Cuadro General de Mando y Protección del C.T.-1

DEMANDA DE POTENCIAS

A continuación vamos a exponer y detallar la demanda de potencias de fuerza motriz y de alumbrado.

Alumb. del C.T. (I6)	72 W
Alumb. Emerg. C.T. (I7)	22 W
T. de corriente C.T. (LF5)	3450 W
Est. de Rebombear	33323 W
TOTAL...	36867 W

Cálculo de la Línea: Alimentación Receptores Genéricos

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Canaletas en montaje superficial.
- Longitud: 3.5 m; $\cos \varphi$: 0.92; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 44; ΔU_L prevista = 0.5%
- Potencia a instalar: 36867 W.
- Potencia de cálculo: (Se aplica un coef. de simultaneidad de 0.6 por criterio del diseñador)
 $46355.69 \times 0.6 = 27813.41$ W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (27813.41 \times 3.5 \times 100) / (400 \times 44 \times 0.5 \times 400) = 2.76 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 27813.41 / (1,732 \times 400 \times 0.92) = 43.64 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x70mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Designación UNE: RZ1-K(AS+)

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=188$ A. según ITC-BT-19

Dimensiones canaleta: 60x20 mm.

Protecciones de la línea:

Principio de línea → Fusibles tipo gG, IN: 160 A (sobredimensionamiento del fusible para favorecer la selectividad, además recordar que los fusibles se encuentran en el Cuadro de Baja Tensión).

Final de línea → I. Mag. Tetrapolar IN: 63 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.69

$$\Delta U_L \text{ real} = (25804.48 \times 3.5) / (44 \times 70 \times 400) = 0.08 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.02\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.02\% \text{ ADMIS (0.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Agrup. Cuadro C.T.

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. o Mult. sobre pared.
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.99; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 0.5%
- Potencia a instalar: 72+22+3450=3544 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
3619.2 W.(Coef de Simult.:1)

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 3619.2 \times 0.3 \times 100) / (230 \times 48 \times 0.5 \times 230) = 0.17 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 3619.2 / (230 \times 0.99) = 15.89 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, Poliolefina Z1- No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego-. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS+)

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=22 A. según ITC-BT-19

Protecciones de la línea:

I. Dif. Bipolar IN: 40 A, sensibilidad 30 mA.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 50.76

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 3619.2 \times 0.3) / (48 \times 2.5 \times 230) = 0.07 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.03\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Alumb. Emergencias del C.T.(I7)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Canaletas en montaje superficial.
- Longitud: 1.2 m; Cos φ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 22 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
22x1.8 = 39.6 W.(Coef de Simult.:1)

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 39.6 \times 1.2 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.001 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 39.6 / (230 \times 0.5) = 0.34 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, Poliolefina Z1- No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego-. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS+)

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=15 A. según ITC-BT-19

Dimensiones canaleta: 7x12 mm.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 10 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 39.6 \times 1.2) / (48 \times 1.5 \times 230) = 0.005 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.002\% \approx 0\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: T. de corriente del C.T.(LF5)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Canaletas en montaje superficial.
- Longitud: 1.5 m; Cos ϕ : 1; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 3450 W.
- Potencia de cálculo: 3450 W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 3450 \times 1.5 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.13 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 3450 / (230 \times 1) = 15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, Poliolefina Z1- No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego-. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS+)

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=21$ A. según ITC-BT-19

Dimensiones canaleta: 7x12 mm. Incluye el circuito I6.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 16 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.3

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 3450 \times 1.5) / (48 \times 2.5 \times 230) = 0.375 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.16\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.21\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Alumb. del C.T.(I6)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Canaletas en montaje superficial.

- Longitud: 4 m; Cos ϕ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 72 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
 $72 \times 1.8 = 129.6$ W. (Coef de Simult.:1)

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 129.6 \times 4 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.01 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 129.6 / (230 \times 0.5) = 1.12 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, Poliolefina Z1- No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego-. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS+)

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=15$ A. según ITC-BT-19

Dimensiones canaleta: 7x12 mm. Incluye el circuito LF5.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 10 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.16

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 129.6 \times 4) / (48 \times 1.5 \times 230) = 0.06 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.03\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.08\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Estación de Rebombao

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Directamente enterrados.
- Longitud: 9.2 m; Cos ϕ : 0.91; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 44; ΔU_L prevista = 1%
- Potencia a instalar: 33323 W.
- Potencia de cálculo: (Se aplica un coef. de simultaneidad de 0.6 por criterio del diseñador)
 $42736.49 \times 0.6 = 25641.89$ W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (25641.89 \times 9.2 \times 100) / (400 \times 44 \times 1 \times 400) = 3.35 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 25641.89 / (1.732 \times 400 \times 0.91) = 40.67 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 25°C (Fc=1) $I_z=72$ A. según ITC-BT-07

Protecciones de la línea:

Principio de línea → I. Mag. Tetrapolar IN: 50 A, curva C.

Final de línea → I. Mag. Tetrapolar IN: 50 A, curva C. (situado en el Cuadro de la est. de rebombeo)

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.95

$\Delta U_L \text{ real} = (25641.89 \times 9.2) / (44 \times 6 \times 400) = 2.23 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.56\%$

$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.58\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Cuadro de Mando y Protección de la est. de rebombeo

DEMANDA DE POTENCIAS

A continuación vamos a exponer y detallar la demanda de potencias de fuerza motriz y de alumbrado.

Alumb. Bombas 1 (I1)	576 W
Alumb. Bombas 2 (I2)	576 W
Alumb. S.control y almac (I3)	216 W
Alumb. Emerg. 1 (I4)	77 W
Alumb. Emerg. 2 (I5)	88 W
T. de corriente (LF1)	3450 W
T. de corriente (LF2)	3450 W
T. de corriente (LF3)	3450 W
T. de corriente trifásica (LF4)	10000 W
Sist. de control (C2)	1000 W
Puente grúa	10440 W
TOTAL...	33323 W

Cálculo de la Línea: Agrup. Alumbrado

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip. o Mult. sobre pared.
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 0.5%
- Potencia a instalar: 576+576+216+77+88=1533 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
 $1533 \times 1.8 = 2759.4 \text{ W. (Coef de Simult.:1)}$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2759.4 \times 0.3 \times 100) / (400 \times 48 \times 0.5 \times 400) = 0.02 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 2759.4 / (1.732 \times 400 \times 0.5) = 7.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=21 A. según ITC-BT-19

Protecciones de la línea:

I. Dif. Tetrapolar IN: 40 A, sensibilidad 30 mA.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 44.31

$$\Delta U_L \text{ real} = (2759.4 \times 0.3) / (48 \times 1.5 \times 400) = 0.03 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.007\% \approx 0\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.58\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Alumb. Emergencias 1 (I4)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 18.3 m; Cos ϕ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 77 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
 $77 \times 1.8 = 138.6 \text{ W. (Coef de Simult.:1)}$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 138.6 \times 18.3 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.06 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 138.6 / (230 \times 0.5) = 1.2 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 6 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.192

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 138.6 \times 18.3) / (48 \times 1.5 \times 230) = 0.3 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.13\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.71\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Alumb. Bombas 1 (I1)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 20.4 m; Cos φ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 576 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
 $576 \times 1.8 = 1036.8$ W. (Coef de Simult.:1)

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 1036.8 \times 20.4 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.55 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1036.8 / (230 \times 0.5) = 9.01 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=15$ A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm según ITC-BT-21. Incluye el circuito I2, LF1, LF2 y LF4.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 10 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 50.82

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 1036.8 \times 20.4) / (48 \times 1.5 \times 230) = 2.55 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 1.11\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 1.69\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Alumb. Bombas 2 (I2)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 35 m; Cos φ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 576 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
 $576 \times 1.8 = 1036.8$ W. (Coef de Simult.:1)

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 1036.8 \times 35 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.95 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1036.8 / (230 \times 0.5) = 9.01 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=15$ A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm según ITC-BT-21. Incluye el circuito I1, LF1, LF2 y LF4.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 10 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 50.82

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 1036.8 \times 35) / (48 \times 1.5 \times 230) = 4.38 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 1.9\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 2.48\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Alumb. Sala de control y almacenes (I3)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 16.6 m; Cos ϕ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 216 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)

$$216 \times 1.8 = 388.8 \text{ W. (Coef de Simult.:1)}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 388.8 \times 16.6 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.17 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 388.8 / (230 \times 0.5) = 3.38 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=15 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm según ITC-BT-21. Incluye el circuito LF3.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 10 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.52

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 388.8 \times 16.6) / (48 \times 1.5 \times 230) = 0.78 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.34\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.92\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Alumb. Emergencias 2 (I5)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 16.8 m; Cos φ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 88 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44)
 $88 \times 1.8 = 158.4$ W. (Coef de Simult.:1)

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 158.4 \times 16.8 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.07 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 158.4 / (230 \times 0.5) = 1.4 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=15$ A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 6 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.26

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 158.4 \times 16.8) / (48 \times 1.5 \times 230) = 0.32 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.14\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.72\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Agrup. T. Monofásicas

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip. o Mult. sobre pared.
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.99; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 0.5%
- Potencia a instalar: 3450+3450+3450+1000 = 11350 W.
- Potencia de cálculo: 11350 W. (Coef de Simult: 1)

Criterio por caída de tensión

$$S = (11350 \times 0.3 \times 100) / (400 \times 48 \times 0.5 \times 400) = 0.09 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 11350 / (1.732 \times 400 \times 0.99) = 16.54 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=21$ A. según ITC-BT-19

Protecciones de la línea:

I. Dif. Bipolar IN: 40 A, sensibilidad 30 mA.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 63.63

$$\Delta U_L \text{ real} = (11350 \times 0.3) / (48 \times 1.5 \times 400) = 0.12 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.03\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.61\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Tomas de corriente LF1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 23.4 m; Cos φ : 1; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 3450 W.
- Potencia de cálculo: 3450 W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 3450 \times 23.4 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 2.12 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 3450 / (230 \times 1) = 15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm según ITC-BT-21. Incluye el circuito I1, I2, LF2 y LF4.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 16 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.3

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 3450 \times 23.4) / (48 \times 2.5 \times 230) = 5.85 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 2.54\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 3.15\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Tomas de corriente LF2

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 18.3 m; Cos φ : 1; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 3450 W.
- Potencia de cálculo: 3450 W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 3450 \times 18.3 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 1.66 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 3450 / (230 \times 1) = 15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm según ITC-BT-21. Incluye el circuito I1, I2, LF1 y LF4.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 16 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.3

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 3450 \times 18.3) / (48 \times 2.5 \times 230) = 4.575 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 1.99\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Tomas de corriente LF3

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 13 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48; ΔUL prevista = 3%
- Potencia a instalar: 3450 W.
- Potencia de cálculo: 3450 W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 3450 \times 13 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 1.66 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 3450 / (230 \times 1) = 15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz= 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm según ITC-BT-21. Incluye el circuito I3.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 16 A, curva C.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.3

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 3450 \times 13) / (48 \times 2.5 \times 230) = 3.25 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 1.41\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 2.02\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Sistema de control (C2)

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 8.6 m; Cos ϕ : 0.5; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (2 \times 1000 \times 8.6 \times 100) / (230 \times 48 \times 3 \times 230) = 0.22 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1000 / (230 \times 0.5) = 8.69 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm según ITC-BT-21. También habrá otro tubo que conectará el Sistema de control (C2) con el Cuadro General de los equipos de bombeo (C1) de diámetro exterior: 40 mm.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Bipolar IN: 16 A, curva Z.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.14

$$\Delta U_L \text{ real} = (2 \times 1000 \times 8.6) / (48 \times 2.5 \times 230) = 0.62 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.27\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.88\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: T. de corriente trifásicas LF4

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 17.2 m; Cos ϕ : 1; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 10000 W.
- Potencia de cálculo: 10000 W.

Criterio por caída de tensión

$$S = (10000 \times 17.2 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.75 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 10000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x4+TTx4mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm según ITC-BT-21. Incluye el circuito I1, I2, LF1 y LF2.

Protecciones de la línea:

I. Mag. Tripolar IN: 20 A, curva C.

Bloque diferencial IN: 25 A, sensibilidad 30 mA.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.75

$$\Delta U_L \text{ real} = (10000 \times 17.2) / (48 \times 4 \times 400) = 2.24 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.56\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 1.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Puente Grúa

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 17 m; Cos φ: 0.81; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 44; ΔUL prevista = 1 %

- Potencia a instalar: 7500+(370x2)+(1100x2) = 10440 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(8928.57 \times 1.25 \times 1.3) + (552.23 \times 2) + (1506.85 \times 2) = 18627.07 \text{ W.}$$

1.3 = Coef. usado para elevar la intensidad normal a plena carga solo en los motores de aparatos, grúas y aparatos de elevación en general.

Criterio por caída de tensión

$$S = (18627.07 \times 17 \times 100) / (400 \times 44 \times 1 \times 400) = 4.5 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 18627.07 / (1.732 \times 400 \times 0.81) = 33.19 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Desig. UNE: RV

I.ad. a 25°C (Fc=1) Iz=44 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

Principio de línea → I. Mag. Tripolar IN: 40 A, curva D.

Final de línea (situado en el cuadro del Puente Grúa)

- Mag. Tripolar IN: 40 A, curva D.
- Bloque diferencial IN: 40 A, sensibilidad 300 mA.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 68.45

$\Delta U_L \text{ real} = (18627.07 \times 17) / (44 \times 6 \times 400) = 3 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.75\%$

$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 1.33\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Cuadro de Mando y Protección del puente grúa

DEMANDA DE POTENCIAS

A continuación vamos a exponer y detallar la demanda de potencias de fuerza motriz y de alumbrado.

2 líneas Motores Desp. Puente	2200 W
1 línea Motor Elevación	7500 W
2 líneas Motores Desp. Carro	740 W
TOTAL...	10440 W

Cálculo de la Línea: Agrup. Puente Grúa

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip. o Mult. sobre pared.
- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.81; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 44; ΔU_L prevista = 0.5%
- Potencia a instalar: 10440 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(8928.57 \times 1.25 \times 1.3) + (552.23 \times 2) + (1506.85 \times 2) = 18627.07 \text{ W.}$$

1.3 = Coef. usado para elevar la intensidad normal a plena carga solo en los motores de aparatos, grúas y aparatos de elevación en general.

Criterio por caída de tensión

$$S = (18627.07 \times 0.3 \times 100) / (400 \times 44 \times 0.5 \times 400) = 0.16 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 18627.07 / (1.732 \times 400 \times 0.81) = 33.19 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE-. Desig. UNE: RV

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=44 A. según ITC-BT-19

Protecciones de la línea:

Disyuntor-motores magnéticos para potencias normalizadas a 400V de 15 kW, calibre de la protección magnética 32 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 68.45

$$\Delta U_L \text{ real} = (18627.07 \times 0.3) / (44 \times 6 \times 400) = 0.05 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.01\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 1.34\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: 2 líneas Motores Desp. Puente

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: E-Unipolares sobre soporte, distancia a la pared no inferior a 0.3D.

- Longitud: 37.4 m; Cos φ : 0.77; η_{Motor} (%) = 73; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 44;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: Se instalan 2 motores de 1100 W cada uno en líneas independientes.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(1100/0.73) \times 1.25 = 1883.56 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1883.56 \times 37.4 \times 100) / (400 \times 44 \times 3 \times 400) = 0.33 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1883.56 / (1.732 \times 400 \times 0.77) = 3.53 \text{ A} \rightarrow I_b \text{ total} = 3.53 \times 2 = 7.06 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x6+TTx6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE-. Desig. UNE: RV

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=49 A. según ITC-BT-19

Protecciones de la línea:

Contactador Tripolar IN: 12 A

Relé térmico, regulación 5.5÷8 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.2

$$\Delta U_L \text{ real} = (1883.56 \times 37.4) / (44 \times 6 \times 400) = 0.67 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.17\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 1.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: línea Motor Elevación

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: E-Unipolares sobre soporte, distancia a la pared no inferior a 0.3D.

- Longitud: 37.4 m; Cos φ : 0.84; η_{Motor} (%) = 84; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 44;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: 7500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(7500/0.84) \times 1.25 \times 1.3 = 14508.93 \text{ W.}$$

1.3 = Coef. usado para elevar la intensidad normal a plena carga solo en los motores de aparatos, grúas y aparatos de elevación en general.

Criterio por caída de tensión

$$S = (14508.93 \times 37.4 \times 100) / (400 \times 44 \times 3 \times 400) = 2.57 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 14508.93 / (1.732 \times 400 \times 0.84) = 24.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x6+TTx6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE-. Desig. UNE: RV

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=49 A. según ITC-BT-19

Protecciones de la línea:

Contactador Tripolar IN: 32 A

Relé térmico, regulación 23÷32 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 52.94

$$\Delta U_L \text{ real} = (14508.93 \times 37.4) / (44 \times 6 \times 400) = 5.13 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 1.28\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 2.62\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: 2 líneas Motores Desp. Carro

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: E-Unipolares sobre soporte, distancia a la pared no inferior a 0.3D.

- Longitud: 37.4 m; Cos φ: 0.71; η_{Motor} (%) = 67; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 44;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: Se instalan 2 motores de 370 W cada uno en líneas independientes.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(370/0.67) \times 1.25 = 690.3 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (690.3 \times 37.4 \times 100) / (400 \times 44 \times 3 \times 400) = 0.12 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 690.3 / (1.732 \times 400 \times 0.71) = 1.4 \text{ A} \rightarrow I_b \text{ total} = 1.4 \times 2 = 2.81 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x6+TTx6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE-. Desig. UNE: RV

I.ad. a 40°C (Fc=1) Iz=49 A. según ITC-BT-19

Protecciones de la línea:

Contactor Tripolar In: 9 A

Relé térmico, regulación 2.6÷3.7 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.04

$\Delta U_L \text{ real} = (690.3 \times 37.4) / (44 \times 6 \times 400) = 0.24 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.06\%$

$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 1.4\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

3.1.4.3.2 Salida alimentación equipos de bombeo

Señalar que en esta estación de rebombeo nos encontramos con 6 equipos de bombeo, 5 preparados para satisfacer las necesidades hídricas de los regantes y el otro un equipo auxiliar preparado para actuar en caso de avería o emergencia mayor.

RESUMEN DE LA POTENCIA DE CÁLCULO DE UN EQUIPO DE BOMBEO

Designación	PN Motor	η_{Motor} (%)	P. activa (W)	Cos ϕ (°)	P. reactiva (VAr)
Motor bomba	160 kW	96	208333.33	0.89	106732.33
Válvula de admisión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Válvula de impulsión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Ventilador bomba	1.5 kW	75	2000	0.76	1710.32
Condensador trifásico	-	-	-	0	-40000
TOTAL...	163 kW	TOTAL...	212507.25	TOTAL...	70359.87

Cuadro General de los equipos de bombeo

Teniendo en cuenta que todos los equipos de bombeo y líneas de alimentación de estos equipos son iguales lo que se va a hacer a continuación es calcular las características de una de estas líneas de alimentación y posteriormente se mostrarán las características individuales de cada una de las líneas que componen los equipos de bombeo.

Cálculo de la Línea: Alimentación Equipo de Bombeo 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Directamente enterrados.
- Longitud: 8.6 m; Cos ϕ : 0.95; X_u (m Ω / m): 0.07; σ (m / Ωmm^2) = 44; ΔU_L prevista = 2%
- Potencia a instalar: 163 kW.
- Potencia de cálculo: 212507.25 W.

También podría haberse tomado el valor 210333.33 W ya que según la automatización construida los motores de las válvulas de admisión e impulsión nunca pueden funcionar a la vez que el motor bomba y su ventilador, aunque la diferencia en este caso es prácticamente despreciable.

Criterio por caída de tensión

$$S = 1 / \{ 44 \times [(8 \times 400) / (212507.25 \times 8.6) - (0.07 \times 10^{-3}) \times (\text{tg} 18.19)] \} = 13.15 \text{ mm}^2.$$

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

Criterio por calentamiento

$$I_b = 212507.25 / (1,732 \times 400 \times 0.95) = 322.88 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x630mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.8) Iz=708 A. según ITC-BT-07

Se ha considerado un Fc=0.8 debido a la inducción entre los cables considerando que a la hora de colocar las ternas de cables unipolares, estos se van a separar una distancia de 0.4 m.

Protecciones de la línea:

Principio de línea → Fusibles tipo aM, IN: 630 A (sobredimensionamiento del fusible para favorecer la selectividad, además recordar que los fusibles se encuentran en el Cuadro de Baja Tensión).

Final de línea:

- Automático Tripolar IN: 400 A. Térmico regulable. Ireg: 360 A.
- Bloque diferencial con sensibilidad regulable 1 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 38.52

$$\Delta U_L \text{ real} = \{212507.25 \times 8.6 \times [1 / (44 \times 630) + (0.07 \times 10^{-3}) \times (\tan 18.19)]\} / 400 = 0.16 \text{ V} \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.04\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.04\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Motor bomba 1 (LM1)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Galerías, zanjas.

- Long: 6.3 m; Cos φ: 0.89; η_{Motor} (%) = 96; Xu (mΩ / m): 0.081; σ (m / Ωmm²) = 44;

ΔUL prevista = 3%

- Potencia a instalar: 160 kW.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(160000 / 0.96) \times 1.25 = 208333.33 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = 1 / \{44 \times [(12 \times 400) / (208333.33 \times 6.3) - (0.081 \times 10^{-3}) \times (\tan 27.13)]\} = 6.28 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 208333.33 / (1,732 \times 400 \times 0.89) = 337.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 55°C (Fc=0.756) Iz=404.46 A. según ITC-BT-07

Se ha considerado un Fc=0.9 debido al agrupamiento de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos

según tabla 7.14 de la ITC-BT-07.

También otro factor de corrección ($F_c=0.84$) ya que al instalar los conductores en un canal o galería pequeña debe tenerse en cuenta que es probable que no haya una eficaz renovación de aire, lo que provoca un aumento de temperatura. Por eso se ha estimado una temperatura ambiente de 55°C , lo que según la tabla 7.13. de la ITC-BT-07 hay que aplicar el mencionado factor de 0.84.

Dimensiones del canal: 700x600 mm. Sección útil: 2500 cm².

Protecciones de la línea:

I. Seccionador Tripolar IN: 400 A.

I. Automático Tripolar IN: 400 A. Térmico regulable. Ireg: 320 A. con bloque diferencial de sensibilidad regulable 0.3 A. (Se puede considerar que la Ireg es la correcta teniendo en cuenta que esta línea tiene un arrancador suave que va a evitar las sobrecargas en el proceso de arranque y también para conseguir algo de selectividad con el I. Automático aguas arriba)

Contactor Tripolar IN: 400 A.

Arrancador suave trifásico para IN Motor: 300 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^{\circ}\text{C}$): 79.42

$$\Delta U_L \text{ real} = \{208333.33 \times 6.3 \times [1/(44 \times 240) + (0.081 \times 10^{-3}) \times (\text{tg} 27.13)]\} / 400 = 0.45 \text{ V} \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.11\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.15\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula admisión 1 (LVA1)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 6.3 m; Cos ϕ : 0.75; η_{Motor} (%) = 69; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750/0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 6.3 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.04 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=0.6$) $I_z=11.1$ A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un $F_c=0.6$ a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de admisión en un mismo tubo.

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVA2, LVA3, LVA4, LVA5 y LVA6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 6.3) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.18 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.04\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.08\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula impulsión 1 (LVI1)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 22.7 m; Cos ϕ : 0.75; η_{Motor} (%) = 69; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750 / 0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 22.7 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.13 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de impulsión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVI2, LVI3, LVI4, LVI5 y LVI6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 22.7) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.64 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.16\%$$

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.2\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Ventilador bomba 1 (LV1)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 4.8 m; $\cos \varphi$: 0.76; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 75$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0; $\sigma (\text{m} / \Omega \text{mm}^2) = 48$;
 $\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
 $(1500/0.75) \times 1.25 = 2500 \text{ W.}$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2500 \times 4.8 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.05 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 2500 / (1.732 \times 400 \times 0.76) = 4.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=0.6$) $I_z=11.1 \text{ A.}$ según ITC-BT-19

Se ha aplicado un $F_c=0.6$ a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de los ventiladores de los motores-bomba en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LV2, LV3, LV4, LV5 y LV6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 4÷6.3 A

Contactores tripolares In: 9 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.47

$$\Delta U_L \text{ real} = (2500 \times 4.8) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.25 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.06\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.1\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Condensador trifásico 1 (LC1)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 9 m; $\cos \varphi$: 0; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0; $\sigma (\text{m} / \Omega \text{mm}^2) = 48$; $\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$
- Potencia a instalar: 40 kVAr (es lo recomendado para un motor de 160 kW según la empresa Legrand).

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-48)

$$40000 \times 1.7 = 68000 \text{ VAr.}$$

El R.E.B.T. obliga a dimensionar para 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal I_b del sistema de compensación ($1.5 \sim 1.8 I_b \leq I_N \text{ protecciones} \leq I_z \text{ cable}$), a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

También recomienda regular las protecciones térmicas frente a sobreintensidades a 1.3 veces la intensidad correspondiente a la tensión asignada a la frecuencia de la red.

Criterio por caída de tensión

En una línea de condensadores, la caída de tensión es prácticamente despreciable.

Criterio por calentamiento

$$I_b = 68000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 98.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x50+TTx25mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) $I_z=117 \text{ A.}$ según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Automático Tripolar I_N : 100 A. Térmico regulable. I_{reg} : 80 A.

Contactor para control de condensadores trifásicos → 40 kVAr.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 61.11

$$\Delta U_L \text{ real} \approx 0$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.04\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Motor bomba 2 (LM2)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Galerías, zanjas.

- Long: 8.8 m; $\cos \varphi$: 0.89; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 96$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0.081; $\sigma (\text{m} / \Omega \text{mm}^2) = 44$;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: 160 kW.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(160000 / 0.96) \times 1.25 = 208333.33 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = 1 / \{ 44 \times [(12 \times 400) / (208333.33 \times 8.8) - (0.081 \times 10^{-3}) \times (\text{tg} 27.13)] \} = 8.82 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 208333.33 / (1.732 \times 400 \times 0.89) = 337.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x240+TTx120mm²Cu

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 55°C (Fc=0.756) Iz=404.46 A. según ITC-BT-07

Se ha considerado un Fc=0.9 debido al agrupamiento de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos según tabla 7.14 de la ITC-BT-07.

También otro factor de corrección (Fc=0.84) ya que al instalar los conductores en un canal o galería pequeña debe tenerse en cuenta que es probable que no haya una eficaz renovación de aire, lo que provoca un aumento de temperatura. Por eso se ha estimado una temperatura ambiente de 55°C, lo que según la tabla 7.13. de la ITC-BT-07 hay que aplicar el mencionado factor de 0.84.

Dimensiones del canal: 700x600 mm. Sección útil: 2500 cm².

Protecciones de la línea:

I. Seccionador Tripolar IN: 400 A.

I. Automático Tripolar IN: 400 A. Térmico regulable. Ireg: 320 A. con bloque diferencial de sensibilidad regulable 0.3 A. (Se puede considerar que la Ireg es la correcta teniendo en cuenta que esta línea tiene un arrancador suave que va a evitar las sobrecargas en el proceso de arranque y también para conseguir algo de selectividad con el I. Automático aguas arriba)

Contactador Tripolar IN: 400 A.

Arrancador suave trifásico para IN Motor: 300 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.42

$$\Delta U_L \text{ real} = \{208333.33 \times 6.3 \times [1 / ((44 \times 240) + (0.081 \times 10^{-3}) \times (\tan 27.13))]\} / 400 = 0.62 \text{ V} \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta U_L \text{ real} (\%) = 0.16\%$$

$$\Delta U_L \text{ total} (\%) = 0.2\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula admisión 2 (LVA2)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 14.1 m; Cos φ: 0.75; ηMotor (%) = 69; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;

ΔUL prevista = 3%

- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750 / 0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 14.1 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.08 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de admisión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVA1, LVA3, LVA4, LVA5 y LVA6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 14.1) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.4 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.1\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula impulsión 2 (LVI2)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 24.8 m; Cos φ: 0.75; ηMotor (%) = 69; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;

ΔUL prevista = 3%

- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750 / 0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 24.8 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.15 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de impulsión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVI1, LVI3, LVI4, LVI5 y LVI6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 24.8) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.7 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.17\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.21\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Ventilador bomba 2 (LV2)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 10.7 m; Cos φ : 0.76; η_{Motor} (%) = 75; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(1500 / 0.75) \times 1.25 = 2500 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2500 \times 10.7 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.12 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 2500 / (1.732 \times 400 \times 0.76) = 4.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de los ventiladores de los motores-bomba en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LV1, LV3, LV4, LV5 y LV6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 4÷6.3 A

Contactores tripolares IN: 9 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.47

$$\Delta U_L \text{ real} = (2500 \times 10.7) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.56 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.14\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.18\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Condensador trifásico 2 (LC2)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 10 m; $\cos \varphi$: 0; X_u ($m\Omega / m$): 0; σ ($m / \Omega mm^2$) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 40 kVAr (es lo recomendado para un motor de 160 kW según la empresa Legrand).
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-48)

$$40000 \times 1.7 = 68000 \text{ VAr.}$$

El R.E.B.T. obliga a dimensionar para 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal I_b del sistema de compensación ($1.5 \sim 1.8 I_b \leq I_N$ protecciones $\leq I_z$ cable), a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

También recomienda regular las protecciones térmicas frente a sobrecargas a 1.3 veces la intensidad correspondiente a la tensión asignada a la frecuencia de la red.

Criterio por caída de tensión

En una línea de condensadores, la caída de tensión es prácticamente despreciable.

Criterio por calentamiento

$$I_b = 68000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 98.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x50+TTx25mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) $I_z=117$ A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Automático Tripolar I_N : 100 A. Térmico regulable. I_{reg} : 80 A.

Contactador para control de condensadores trifásicos → 40 kVAr.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 61.11

$$\Delta U_L \text{ real} \approx 0$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.04\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Motor bomba 3 (LM3)

- Tensión de servicio: 400 V.
 - Canalización: Galerías, zanjas.
 - Long: 11.8 m; $\cos \varphi$: 0.89; η_{Motor} (%) = 96; X_u ($m\Omega / m$): 0.081; σ ($m / \Omega mm^2$) = 44; ΔU_L prevista = 3%
 - Potencia a instalar: 160 kW.
 - Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
- $$(160000 / 0.96) \times 1.25 = 208333.33 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = 1/\{44x[(12x400)/(208333.33x11.8)-(0.081x10^{-3})x(tg27.13)]\} = 11.89 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 208333.33/(1,732x400x0.89) = 337.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 55°C (Fc=0.756) Iz=404.46 A. según ITC-BT-07

Se ha considerado un Fc=0.9 debido al agrupamiento de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos según tabla 7.14 de la ITC-BT-07.

También otro factor de corrección (Fc=0.84) ya que al instalar los conductores en un canal o galería pequeña debe tenerse en cuenta que es probable que no haya una eficaz renovación de aire, lo que provoca un aumento de temperatura. Por eso se ha estimado una temperatura ambiente de 55°C, lo que según la tabla 7.13. de la ITC-BT-07 hay que aplicar el mencionado factor de 0.84.

Dimensiones del canal: 700x600 mm. Sección útil: 2500 cm².

Protecciones de la línea:

I. Seccionador Tripolar IN: 400 A.

I. Automático Tripolar IN: 400 A. Térmico regulable. Ireg: 320 A. con bloque diferencial de sensibilidad regulable 0.3 A. (Se puede considerar que la Ireg es la correcta teniendo en cuenta que esta línea tiene un arrancador suave que va a evitar las sobrecargas en el proceso de arranque y también para conseguir algo de selectividad con el I. Automático aguas arriba)

Contactor Tripolar IN: 400 A.

Arrancador suave trifásico para IN Motor: 300 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.42

$$\Delta U_L \text{ real} = \{208333.33x11.8x[1/(44x240)+(0.081x10^{-3})x(tg27.13)]\}/400 = 0.84 \text{ V} \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta U_L \text{ real} (\%) = 0.21\%$$

$$\Delta U_L \text{ total} (\%) = 0.25\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula admisión 3 (LVA3)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 17.3 m; Cos φ: 0.75; ηMotor (%) = 69; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;

ΔUL prevista = 3%

- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750/0.69)x1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 17.3 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.1 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de admisión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVA1, LVA2, LVA4, LVA5 y LVA6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares In: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 17.3) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.49 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.12\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.16\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula impulsión 3 (LVI3)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 27.4 m; Cos φ: 0.75; η_{Motor} (%) = 69; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;

ΔUL prevista = 3%

- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750 / 0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 27.4 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.16 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de impulsión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVI1, LVI2, LVI4, LVI5 y LVI6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_{L \text{ real}} = (1358.7 \times 27.4) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.77 \text{ V} \rightarrow \Delta U_{L \text{ real}} (\%) = 0.19\%$$

$$\Delta U_{L \text{ total}} (\%) = 0.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Ventilador bomba 3 (LV3)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 13.6 m; Cos ϕ : 0.76; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 75$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0; $\sigma (\text{m} / \Omega \text{mm}^2) = 48$;

$\Delta U_{L \text{ prevista}} = 3\%$

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(1500 / 0.75) \times 1.25 = 2500 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2500 \times 13.6 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.15 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 2500 / (1.732 \times 400 \times 0.76) = 4.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) $I_z=11.1 \text{ A.}$ según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de los ventiladores de los motores-bomba en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LV1, LV2, LV4, LV5 y LV6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 4÷6.3 A

Contactores tripolares IN: 9 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.47

$$\Delta U_{L \text{ real}} = (2500 \times 13.6) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.71 \text{ V} \rightarrow \Delta U_{L \text{ real}} (\%) = 0.18\%$$

$$\Delta U_{L \text{ total}} (\%) = 0.22\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Condensador trifásico 3 (LC3)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 11 m; Cos ϕ : 0; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 40 kVAr (es lo recomendado para un motor de 160 kW según la empresa Legrand).
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-48)

$$40000 \times 1.7 = 68000 \text{ VAr.}$$

El R.E.B.T. obliga a dimensionar para 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal I_b del sistema de compensación ($1.5 \sim 1.8 I_b \leq I_N$ protecciones $\leq I_z$ cable), a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

También recomienda regular las protecciones térmicas frente a sobreintensidades a 1.3 veces la intensidad correspondiente a la tensión asignada a la frecuencia de la red.

Criterio por caída de tensión

En una línea de condensadores, la caída de tensión es prácticamente despreciable.

Criterio por calentamiento

$$I_b = 68000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 98.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x50+TTx25mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Designación UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) $I_z=117$ A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Automático Tripolar I_N : 100 A. Térmico regulable. I_{reg} : 80 A.

Contactor para control de condensadores trifásicos \rightarrow 40 kVAr.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 61.11

$$\Delta U_L \text{ real} \approx 0$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.04\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Motor bomba 4 (LM4)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Galerías, zanjas.
- Long: 14.4 m; Cos ϕ : 0.89; η_{Motor} (%) = 96; X_u (m Ω / m): 0.081; σ (m / Ω mm²) = 44; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 160 kW.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
 $(160000/0.96) \times 1.25 = 208333.33 \text{ W.}$

Criterio por caída de tensión

$$S = 1/\{44x[(12x400)/(208333.33x14.4)-(0.081x10^{-3})x(\text{tg}27.13)]\} = 14.58 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 208333.33/(1,732x400x0.89) = 337.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 55°C (Fc=0.756) Iz=404.46 A. según ITC-BT-07

Se ha considerado un Fc=0.9 debido al agrupamiento de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos según tabla 7.14 de la ITC-BT-07.

También otro factor de corrección (Fc=0.84) ya que al instalar los conductores en un canal o galería pequeña debe tenerse en cuenta que es probable que no haya una eficaz renovación de aire, lo que provoca un aumento de temperatura. Por eso se ha estimado una temperatura ambiente de 55°C, lo que según la tabla 7.13. de la ITC-BT-07 hay que aplicar el mencionado factor de 0.84.

Dimensiones del canal: 700x600 mm. Sección útil: 2500 cm².

Protecciones de la línea:

I. Seccionador Tripolar IN: 400 A.

I. Automático Tripolar IN: 400 A. Térmico regulable. Ireg: 320 A. con bloque diferencial de sensibilidad regulable 0.3 A. (Se puede considerar que la Ireg es la correcta teniendo en cuenta que esta línea tiene un arrancador suave que va a evitar las sobrecargas en el proceso de arranque y también para conseguir algo de selectividad con el I. Automático aguas arriba)

Contactor Tripolar IN: 400 A.

Arrancador suave trifásico para IN Motor: 300 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.42

$$\Delta U_L \text{ real} = \{208333.33x14.4x[1/(44x240)+(0.081x10^{-3})x(\text{tg}27.13)]\}/400 = 1.02 \text{ V} \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.25\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.29\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula admisión 4 (LVA4)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 19.8 m; Cos φ: 0.75; η_{Motor} (%) = 69; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;
 $\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$
- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750/0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 19.8 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.12 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de admisión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVA1, LVA2, LVA3, LVA5 y LVA6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 19.8) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.56 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.14\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.18\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula impulsión 4 (LVI4)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 30.3 m; Cos φ: 0.75; η_{Motor} (%) = 69; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: 750 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750/0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 30.3 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.18 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=0.6$) $I_z=11.1$ A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un $F_c=0.6$ a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de impulsión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVI1, LVI2, LVI3, LVI5 y LVI6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 30.3) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.86 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.21\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.25\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Ventilador bomba 4 (LV4)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 16.5 m; $\cos \varphi$: 0.76; $\eta_{\text{Motor (\%)}} = 75$; X_u ($\text{m}\Omega / \text{m}$): 0; σ ($\text{m} / \Omega\text{mm}^2$) = 48;

$$\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$$

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(1500/0.75) \times 1.25 = 2500 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2500 \times 16.5 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.18 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 2500 / (1.732 \times 400 \times 0.76) = 4.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=0.6$) $I_z=11.1$ A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un $F_c=0.6$ a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de los ventiladores de los motores-bomba en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LV1, LV2, LV3, LV5 y LV6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 4÷6.3 A

Contactores tripolares IN: 9 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.47

$$\Delta U_L \text{ real} = (2500 \times 16.5) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.86 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.21\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.25\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Condensador trifásico 4 (LC4)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 12 m; Cos ϕ : 0; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ω mm²) = 48; ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 40 kVAr (es lo recomendado para un motor de 160 kW según la empresa Legrand).
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-48)

$$40000 \times 1.7 = 68000 \text{ VAr.}$$

El R.E.B.T. obliga a dimensionar para 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal I_b del sistema de compensación ($1.5 \sim 1.8 I_b \leq I_N$ protecciones $\leq I_z$ cable), a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

También recomienda regular las protecciones térmicas frente a sobreintensidades a 1.3 veces la intensidad correspondiente a la tensión asignada a la frecuencia de la red.

Criterio por caída de tensión

En una línea de condensadores, la caída de tensión es prácticamente despreciable.

Criterio por calentamiento

$$I_b = 68000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 98.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x50+TTx25mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) $I_z=117$ A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Automático Tripolar I_N : 100 A. Térmico regulable. I_{reg} : 80 A.

Contactor para control de condensadores trifásicos \rightarrow 40 kVAr.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 61.11

$$\Delta U_L \text{ real} \approx 0$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.04\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Motor bomba 5 (LM5)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Galerías, zanjas.
- Long: 17.7 m; $\cos \varphi$: 0.89; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 96$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0.081; $\sigma (\text{m} / \Omega\text{mm}^2) = 44$;
 $\Delta U_L \text{ prevista} = 3\%$
- Potencia a instalar: 160 kW.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
 $(160000/0.96) \times 1.25 = 208333.33 \text{ W}$.

Criterio por caída de tensión

$$S = 1 / \{ 44 \times [(12 \times 400) / (208333.33 \times 17.7) - (0.081 \times 10^{-3}) \times (\tan 27.13)] \} = 18.03 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 208333.33 / (1.732 \times 400 \times 0.89) = 337.87 \text{ A}.$$

Se eligen conductores Unipolares 3x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 55°C ($F_c=0.756$) $I_z=404.46 \text{ A}$. según ITC-BT-07

Se ha considerado un $F_c=0.9$ debido al agrupamiento de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos según tabla 7.14 de la ITC-BT-07.

También otro factor de corrección ($F_c=0.84$) ya que al instalar los conductores en un canal o galería pequeña debe tenerse en cuenta que es probable que no haya una eficaz renovación de aire, lo que provoca un aumento de temperatura. Por eso se ha estimado una temperatura ambiente de 55°C, lo que según la tabla 7.13. de la ITC-BT-07 hay que aplicar el mencionado factor de 0.84.

Dimensiones del canal: 700x600 mm. Sección útil: 2500 cm².

Protecciones de la línea:

I. Seccionador Tripolar IN: 400 A.

I. Automático Tripolar IN: 400 A. Térmico regulable. I_{reg} : 320 A. con bloque diferencial de sensibilidad regulable 0.3 A. (Se puede considerar que la I_{reg} es la correcta teniendo en cuenta que esta línea tiene un arrancador suave que va a evitar las sobrecargas en el proceso de arranque y también para conseguir algo de selectividad con el I. Automático aguas arriba)

Contactor Tripolar IN: 400 A.

Arrancador suave trifásico para IN Motor: 300 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.42

$$\Delta U_L \text{ real} = \{ 208333.33 \times 17.7 \times [1 / (44 \times 240) + (0.081 \times 10^{-3}) \times (\tan 27.13)] \} / 400 = 1.25 \text{ V} \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta U_L \text{ real} (\%) = 0.31\%$$

$$\Delta U_L \text{ total} (\%) = 0.35\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula admisión 5 (LVA5)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 22.6 m; $\cos \varphi$: 0.75; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 69$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0; $\sigma (\text{m} / \Omega\text{mm}^2) = 48$;
 ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
 $(750/0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W}$.

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 22.6 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.13 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A}.$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=0.6$) $I_z=11.1 \text{ A}$. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un $F_c=0.6$ a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de admisión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVA1, LVA2, LVA3, LVA4 y LVA6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 22.6) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.64 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real} (\%) = 0.16\%$$

$$\Delta U_L \text{ total} (\%) = 0.2\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula impulsión 5 (LVI5)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 33.3 m; $\cos \varphi$: 0.75; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 69$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0; $\sigma (\text{m} / \Omega\text{mm}^2) = 48$;
 ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
 $(750/0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W}$.

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 33.3 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.2 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) I_z=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de impulsión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVI1, LVI2, LVI3, LVI4 y LVI6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 33.3) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.94 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.23\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.27\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Ventilador bomba 5 (LV5)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 19.5 m; Cos φ: 0.76; η_{Motor} (%) = 75; X_u (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;

ΔU_L prevista = 3%

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(1500 / 0.75) \times 1.25 = 2500 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2500 \times 19.5 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.21 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 2500 / (1.732 \times 400 \times 0.76) = 4.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) I_z=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de los ventiladores de los motores-bomba en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LV1, LV2, LV3, LV4 y LV6.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 4÷6.3 A

Contactores tripolares IN: 9 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.47

$\Delta U_L \text{ real} = (2500 \times 19.5) / (48 \times 2.5 \times 400) = 1.01 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.25\%$

$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.29\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Cálculo de la Línea: Condensador trifásico 5 (LC5)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 13 m; Cos ϕ : 0; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%

- Potencia a instalar: 40 kVAr (es lo recomendado para un motor de 160 kW según la empresa Legrand).

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-48)

$$40000 \times 1.7 = 68000 \text{ VAr.}$$

El R.E.B.T. obliga a dimensionar para 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal I_b del sistema de compensación ($1.5 \sim 1.8 I_b \leq I_N \text{ protecciones} \leq I_z \text{ cable}$), a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

También recomienda regular las protecciones térmicas frente a sobreintensidades a 1.3 veces la intensidad correspondiente a la tensión asignada a la frecuencia de la red.

Criterio por caída de tensión

En una línea de condensadores, la caída de tensión es prácticamente despreciable.

Criterio por calentamiento

$$I_b = 68000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 98.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x50+TTx25mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) $I_z=117 \text{ A.}$ según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Automático Tripolar IN: 100 A. Térmico regulable. I_{reg} : 80 A.

Contactor para control de condensadores trifásicos \rightarrow 40 kVAr.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 61.11

$\Delta U_L \text{ real} \approx 0$

$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.04\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Cálculo de la Línea: Motor bomba 6 (LM6)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Galerías, zanjías.
- Long: 20.4 m; Cos φ : 0.89; η_{Motor} (%) = 96; X_u (m Ω / m): 0.081; σ (m / Ωmm^2) = 44;
 ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 160 kW.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
 $(160000/0.96) \times 1.25 = 208333.33 \text{ W}$.

Criterio por caída de tensión

$$S = 1/\{44 \times [(12 \times 400)/(208333.33 \times 20.4) - (0.081 \times 10^{-3}) \times (\text{tg} 27.13)]\} = 20.89 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 208333.33 / (1.732 \times 400 \times 0.89) = 337.87 \text{ A}.$$

Se eligen conductores Unipolares 3x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE -. Designación UNE: RV-K

I.ad. a 55°C (Fc=0.756) $I_z=404.46 \text{ A}$. según ITC-BT-07

Se ha considerado un $F_c=0.9$ debido al agrupamiento de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos según tabla 7.14 de la ITC-BT-07.

También otro factor de corrección ($F_c=0.84$) ya que al instalar los conductores en un canal o galería pequeña debe tenerse en cuenta que es probable que no haya una eficaz renovación de aire, lo que provoca un aumento de temperatura. Por eso se ha estimado una temperatura ambiente de 55°C, lo que según la tabla 7.13. de la ITC-BT-07 hay que aplicar el mencionado factor de 0.84.

Dimensiones del canal: 700x600 mm. Sección útil: 2500 cm².

Protecciones de la línea:

I. Seccionador Tripolar IN: 400 A.

I. Automático Tripolar IN: 400 A. Térmico regulable. I_{reg} : 320 A. con bloque diferencial de sensibilidad regulable 0.3 A. (Se puede considerar que la I_{reg} es la correcta teniendo en cuenta que esta línea tiene un arrancador suave que va a evitar las sobrecargas en el proceso de arranque y también para conseguir algo de selectividad con el I. Automático aguas arriba)

Contactador Tripolar IN: 400 A.

Arrancador suave trifásico para IN Motor: 300 A.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.42

$$\Delta U_L \text{ real} = \{208333.33 \times 20.4 \times [1/(44 \times 240) + (0.081 \times 10^{-3}) \times (\text{tg} 27.13)]\} / 400 = 1.45 \text{ V} \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta U_L \text{ real} (\%) = 0.36\%$$

$$\Delta U_L \text{ total} (\%) = 0.4\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula admisión 6 (LVA6)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 26.3 m; $\cos \varphi$: 0.75; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 69$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0; $\sigma (\text{m} / \Omega\text{mm}^2) = 48$;
 ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)
 $(750/0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 26.3 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.15 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=0.6$) $I_z=11.1 \text{ A.}$ según ITC-BT-19

Se ha aplicado un $F_c=0.6$ a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de admisión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVA1, LVA2, LVA3, LVA4 y LVA5.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_L \text{ real} = (1358.7 \times 26.3) / (48 \times 2.5 \times 400) = 0.74 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real} (\%) = 0.19\%$$

$$\Delta U_L \text{ total} (\%) = 0.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Válvula impulsión 6 (LVI6)

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.
- Longitud: 36.5 m; $\cos \varphi$: 0.75; $\eta_{\text{Motor}} (\%) = 69$; $X_u (\text{m}\Omega / \text{m})$: 0; $\sigma (\text{m} / \Omega\text{mm}^2) = 48$;
 ΔU_L prevista = 3%
- Potencia a instalar: 750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(750/0.69) \times 1.25 = 1358.7 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (1358.7 \times 36.5 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.21 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 1358.7 / (1.732 \times 400 \times 0.75) = 2.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Se ha aplicado un Fc=0.6 a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de válvulas de impulsión en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LVI1, LVI2, LVI3, LVI4 y LVI5.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 1.6÷2.5 A

Contactores tripolares IN: 6 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.66

$$\Delta U_{L \text{ real}} = (1358.7 \times 36.5) / (48 \times 2.5 \times 400) = 1.03 \text{ V} \rightarrow \Delta U_{L \text{ real}} (\%) = 0.26\%$$

$$\Delta U_{L \text{ total}} (\%) = 0.3\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Ventilador bomba 6 (LV6)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 22.5 m; Cos φ: 0.76; η_{Motor} (%) = 75; Xu (mΩ / m): 0; σ (m / Ωmm²) = 48;

ΔUL prevista = 3%

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47)

$$(1500/0.75) \times 1.25 = 2500 \text{ W.}$$

Criterio por caída de tensión

$$S = (2500 \times 22.5 \times 100) / (400 \times 48 \times 3 \times 400) = 0.24 \text{ mm}^2.$$

Criterio por calentamiento

$$I_b = 2500 / (1.732 \times 400 \times 0.76) = 4.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=0.6) Iz=11.1 A. según ITC-BT-19

Instalaciones de Baja Tensión

Se ha aplicado un $F_c=0.6$ a instancias del diseñador debido al agrupamiento de los circuitos de los ventiladores de los motores-bomba en un mismo tubo.

Diámetro exterior tubo: 32 mm según ITC-BT-21. También se incluyen los circuitos LV1, LV2, LV3, LV4 y LV5.

Protecciones de la línea:

Guardamotor trifásico, regulación térmica 4÷6.3 A

Contactores tripolares IN: 9 A

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.47

$$\Delta U_L \text{ real} = (2500 \times 22.5) / (48 \times 2.5 \times 400) = 1.17 \text{ V} \rightarrow \Delta U_L \text{ real (\%)} = 0.29\%$$

$$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.33\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: Condensador trifásico 6 (LC6)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos superficiales o empotrados en obra.

- Longitud: 14 m; Cos ϕ : 0; X_u (m Ω / m): 0; σ (m / Ωmm^2) = 48; ΔU_L prevista = 3%

- Potencia a instalar: 40 kVAr (es lo recomendado para un motor de 160 kW según la empresa Legrand).

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-48)

$$40000 \times 1.7 = 68000 \text{ VAr.}$$

El R.E.B.T. obliga a dimensionar para 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal I_b del sistema de compensación ($1.5 \sim 1.8 I_b \leq I_N \text{ protecciones} \leq I_z \text{ cable}$), a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

También recomienda regular las protecciones térmicas frente a sobreintensidades a 1.3 veces la intensidad correspondiente a la tensión asignada a la frecuencia de la red.

Criterio por caída de tensión

En una línea de condensadores, la caída de tensión es prácticamente despreciable.

Criterio por calentamiento

$$I_b = 68000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 98.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolar 3x50+TTx25mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: 450/750 V, PVC-. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) $I_z=117$ A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm según ITC-BT-21

Protecciones de la línea:

I. Automático Tripolar IN: 100 A. Térmico regulable. Ireg: 80 A.

Contactor para control de condensadores trifásicos \rightarrow 40 kVAr.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 61.11

$\Delta U_L \text{ real} \approx 0$

$\Delta U_L \text{ total (\%)} = 0.04\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Cuadro de Baja Tensión

Una vez que se han desglosado los diferentes circuitos con sus potencias correspondientes, ya se está en disposición de calcular el interruptor automático general cabecera de este Cuadro de Baja Tensión y también se va a citar en este apartado la potencia aparente necesaria del transformador que también se situará en el Centro de Transformación.

Si se tiene en cuenta la apreciación indicada en las salidas "Alimentación Equipos de Bombeo" referente al sistema de automatización y sabiendo que hay que contar con la salida "Alimentación a los Receptores Genéricos" se obtiene la siguiente relación de potencias:

6 equipos de bombeo →	$P_{\text{activa}} = 6 \times 210333.33 \text{ W} = 1261999.98 \text{ W} \approx 1262 \text{ kW}$
	$P_{\text{reactiva}} = 6 \times 68442.65 \text{ VAR} = 410655.9 \text{ VAR} \approx 410.6 \text{ kVAR}$
Alim. Recep. Genéricos →	$P_{\text{activa}} = 27813.41 \text{ W} \approx 27.8 \text{ kW}$
	$P_{\text{reactiva}} = 11859.27 \text{ VAR} \approx 11.8 \text{ kVAR}$

Con lo que se puede decir que las necesidades de suministro son:

$P_{\text{activa total}} = 1262 + 27.8 = 1289.8 \text{ kW}$

$P_{\text{reactiva total}} = 410.6 + 11.8 = 422.4 \text{ kVAR}$

Si se calcula la potencia aparente para saber el transformador a elegir tendremos:

$S_{\text{aparente total}} = \sqrt{[(1289.8)^2 + (422.4)^2]} = 1357.2 \text{ kVA}$

Viendo este resultado y teniendo en cuenta que este resultado sale contando con la reducción que aportan los condensadores trifásicos, lo más razonable es acudir a un transformador de 1600 kVA.

En cuanto al calibre del interruptor automático:

$I_{\text{necesaria}} = (322.88 \times 6) + 43.64 = 1980.92 \text{ A} \rightarrow \text{Calibre } 2500 \text{ A}$

3.1.4.3.3 Tablas de resultados

Cuadro General de Mando y Protección del C.T.-1

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔU_p (%)	ΔU_t (%)	Dim Zanja tub (mm)
A.Rec.	27813.4	3.5	4x70mm ² Cu	43.64	188	0.02	0.02	60x20
Ag.CT	3619.2	0.3	2x2.5mm ² Cu	15.89	22	0.03	0.05	-
I7	39.6	1.2	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.34	15	0.002	0.05	7x12
LF5	3450	1.5	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	0.16	0.21	7x12
I6	129.6	4	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	1.12	15	0.03	0.08	7x12
Es.Reb	25641.8	9.2	4x6mm ² Cu	40.67	72	0.56	0.58	-

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
A.Rec.	3.5	4x70mm ² Cu	0.0375 \angle 78.45°	39106	100	82693	Fus.gG, IN:160A
Ag.CT	0.3	2x2.5mm ² Cu	6.510 ⁻³ \angle 66.32°	36840	-	66845	-
I7	1.2	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	6.510 ⁻³ \angle 66.32°	36840	50	66845	I.Mag IN:10A, C
LF5	1.5	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.510 ⁻³ \angle 66.32°	36840	50	66845	I.Mag IN:16A, C
I6	4	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	6.510 ⁻³ \angle 66.32°	36840	50	66845	I.Mag IN:10A, C
Es.Reb	9.2	4x6mm ² Cu	6.510 ⁻³ \angle 66.32°	36840	50	66845	I.Mag IN:50A, C

Nota sobre las abreviaturas:

- A.Rec.: Alimentación Receptores Genéricos
- Ag.CT: Agrupación Cuadro C.T.
- Es.Reb: Estación de rebombeo

Cuadro de Mando y Protección de la est. de rebombeo

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔU_p (%)	ΔU_t (%)	Dim Zanja tub (mm)
Ag.Alu	2759.4	0.3	4x1.5mm ² Cu	7.96	21	0.007	0.58	-
I4	138.6	18.3	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	1.2	15	0.13	0.71	Ø16
I1	1036.8	20.4	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	9.01	15	1.11	1.69	Ø25
I2	1036.8	35	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	9.01	15	1.9	2.48	Ø25
I3	388.8	16.6	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	3.38	15	0.34	0.92	Ø20
I5	158.4	16.8	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	1.4	15	0.14	0.72	Ø16
Ag.TM	11350	0.3	4x2.5mm ² Cu	16.54	21	0.03	0.61	-
LF1	3450	23.4	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	2.54	3.15	Ø25
LF2	3450	18.3	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	1.99	2.6	Ø25
LF3	3450	13	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	1.41	2.02	Ø20
S.Cont	1000	8.6	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	8.69	21	0.27	0.88	Ø20
LF4	10000	17.2	3x4+TTx4mm ² Cu	14.43	24	0.56	1.14	Ø25
P.Grúa	18627.07	17	3x6mm ² Cu	33.19	44	0.75	1.33	Ø25

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
Ag.Alu	0.3	4x1.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	-	11385	-
I4	18.3	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:3A, C
I1	20.4	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:10A, C
I2	35	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:10A, C
I3	16.6	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:6A, C
I5	16.8	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:3A, C
Ag.TM	0.3	4x2.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	-	11385	-
LF1	23.4	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:16A, C
LF2	18.3	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:16A, C
LF3	13	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:16A, C
S.Cont	8.6	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	25	11385	I.Mag IN:10A, Z
LF4	17.2	3x4+TTx4mm ² Cu	0.0307 L 13.63°	7892	10	11385	I.Mag IN:20A, C
P.Grúa	17	3x6mm ² Cu	0.0308 L 13.35°	7872	10	11357	I.Mag IN:40A, C

Nota sobre las abreviaturas:

- Ag.Alu: Agrupación Alumbrado

- Ag.TM: Agrupación Tomas Monofásicas

- S.Cont: Sistema de control

- P.Grúa: Puente Grúa

Cuadro de Mando y Protección del puente grúa

Línea	P Cale (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔUp (%)	ΔUt (%)	Dim Zanja tub (mm)
Ag.PG	18627.07	0.3	3x6mm ² Cu	33.19	44	0.01	1.34	-
MDP1	1883.56	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	3.53	49	0.17	1.51	-
MDP2	1883.56	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	3.53	49	0.17	1.51	-
M.Elev	14508.93	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	24.93	49	1.28	2.62	-
MDC1	690.3	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	1.4	49	0.06	1.4	-
MDC2	690.3	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	1.4	49	0.06	1.4	-

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
Ag.PG	0.3	3x6mm ² Cu	0.0811 L 6.47°	2988	6	4310	Disyunt IN:32A
MDP1	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	0.0811 L 6.47°	2988	-	4310	R.Term 5.5÷8A
MDP2	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	0.0811 L 6.47°	2988	-	4310	R.Term 5.5÷8A
M.Elev	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	0.0811 L 6.47°	2988	-	4310	R.Term 23÷32A
MDC1	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	0.0811 L 6.47°	2988	-	4310	R.Term 2.6÷3.7A
MDC2	37.4	3x6+TTx6mm ² Cu	0.0811 L 6.47°	2988	-	4310	R.Term 2.6÷3.7A

Nota sobre las abreviaturas:

- Ag.PG: Agrupación Puente Grúa

- MDP1: Motor Desplazamiento Puente 1

- MDP2: Motor Desplazamiento Puente 2

- M.Elev: Motor Elevación

- MDC1: Motor Desplazamiento Carro 1

- MDC2: Motor Desplazamiento Carro 2

Cuadro General de los equipos de bombeo

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔU_p (%)	ΔU_t (%)	Dim Zanja tub (mm)
A.E.Bo	212507	8.6	3x630mm ² Cu	322.8	708	0.04	0.04	-
M.Bo.1	208333	6.3	3x240+TTx120mm ² Cu	337.8	404.4	0.11	0.15	700x600
V.Ad.1	1358.7	6.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.16	0.2	Ø32
V.Im.1	1358.7	22.7	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.16	0.2	Ø32
V.Bo.1	2500	4.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	11.1	0.06	0.1	Ø32
C.Tri.1	68000	9	3x50+TTx25mm ² Cu	98.15	117	0	0.04	Ø50
M.Bo.2	208333	8.8	3x240+TTx120mm ² Cu	337.8	404.4	0.16	0.2	700x600
V.Ad.2	1358.7	14.1	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.1	0.14	Ø32
V.Im.2	1358.7	24.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.17	0.21	Ø32
V.Bo.2	2500	10.7	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	11.1	0.14	0.18	Ø32
C.Tri.2	68000	10	3x50+TTx25mm ² Cu	98.15	117	0	0.04	Ø50
M.Bo.3	208333	11.8	3x240+TTx120mm ² Cu	337.8	404.4	0.21	0.25	700x600
V.Ad.3	1358.7	17.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.12	0.16	Ø32
V.Im.3	1358.7	27.4	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.19	0.23	Ø32
V.Bo.3	2500	13.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	11.1	0.18	0.22	Ø32
C.Tri.3	68000	11	3x50+TTx25mm ² Cu	98.15	117	0	0.04	Ø50
M.Bo.4	208333	14.4	3x240+TTx120mm ² Cu	337.8	404.4	0.25	0.29	700x600
V.Ad.4	1358.7	19.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.14	0.18	Ø32
V.Im.4	1358.7	30.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.21	0.25	Ø32
V.Bo.4	2500	16.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	11.1	0.21	0.25	Ø32
C.Tri.4	68000	12	3x50+TTx25mm ² Cu	98.15	117	0	0.04	Ø50
M.Bo.5	208333	17.7	3x240+TTx120mm ² Cu	337.8	404.4	0.31	0.35	700x600
V.Ad.5	1358.7	22.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.16	0.2	Ø32
V.Im.5	1358.7	33.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.23	0.27	Ø32
V.Bo.5	2500	19.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	11.1	0.25	0.29	Ø32
C.Tri.5	68000	13	3x50+TTx25mm ² Cu	98.15	117	0	0.04	Ø50
M.Bo.6	208333	20.4	3x240+TTx120mm ² Cu	337.8	404.4	0.36	0.4	700x600
V.Ad.6	1358.7	26.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.19	0.23	Ø32
V.Im.6	1358.7	36.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	11.1	0.26	0.3	Ø32
V.Bo.6	2500	22.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	11.1	0.29	0.33	Ø32
C.Tri.6	68000	14	3x50+TTx25mm ² Cu	98.15	117	0	0.04	Ø50

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
A.E.Bo	8.6	3x630mm ² Cu	0.0375 L 78.45°	39106	100	82693	Fus.aM, IN:630A
M.Bo.1	6.3	3x240+TTx120mm ² Cu	710 ⁻³ L 75.58°	34583	50	72051	I.Aut Ireg:320A
V.Ad.1	6.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Im.1	22.7	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Bo.1	4.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.1	9	3x50+TTx25mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	50	74406	I.Aut Ireg:80A
M.Bo.2	8.8	3x240+TTx120mm ² Cu	710 ⁻³ L 75.58°	34583	50	72051	I.Aut Ireg:320A
V.Ad.2	14.1	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Im.2	24.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Bo.2	10.7	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.2	10	3x50+TTx25mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	50	74406	I.Aut Ireg:80A
M.Bo.3	11.8	3x240+TTx120mm ² Cu	710 ⁻³ L 75.58°	34583	50	72051	I.Aut Ireg:320A
V.Ad.3	17.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Im.3	27.4	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A

V.Bo.3	13.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.3	11	3x50+TTx25mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	50	74406	I.Aut Ireg:80A
M.Bo.4	14.4	3x240+TTx120mm ² Cu	710 ⁻³ L 75.58°	34583	50	72051	I.Aut Ireg:320A
V.Ad.4	19.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Im.4	30.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Bo.4	16.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.4	12	3x50+TTx25mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	50	74406	I.Aut Ireg:80A
M.Bo.5	17.7	3x240+TTx120mm ² Cu	710 ⁻³ L 75.58°	34583	50	72051	I.Aut Ireg:320A
V.Ad.5	22.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Im.5	33.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Bo.5	19.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.5	13	3x50+TTx25mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	50	74406	I.Aut Ireg:80A
M.Bo.6	20.4	3x240+TTx120mm ² Cu	710 ⁻³ L 75.58°	34583	50	72051	I.Aut Ireg:320A
V.Ad.6	26.3	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Im.6	36.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 1.6÷2.5 A
V.Bo.6	22.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	100	74406	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.6	14	3x50+TTx25mm ² Cu	6.810 ⁻³ L 75.67°	35660	50	74406	I.Aut Ireg:80A

Nota sobre las abreviaturas:

- A.E.Bo: Alimentación Equipo de Bombeo
- V.Ad.: Válvula admisión
- V.Bo.: Ventilador bomba
- M.Bo.: Motor bomba
- V.Im.: Válvula impulsión
- C.Tri.: Condensador trifásico

3.1.4.4 Cálculo de tierras

La norma UNE 20460 presenta una clasificación detallada de los diferentes locales, en función de múltiples parámetros, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de utilización.

Según el tipo de local, se definen tres valores de tensión de seguridad que no deben rebasarse (12 V para los locales mojados, 25 V para los locales húmedos y 50 V para los locales secos). Estas tensiones, consideradas como no peligrosas, provocan la circulación por el organismo humano de una corriente inferior a 30 mA. En el caso que nos atañe, se ha considerado que esta "Estación de Rebombeo General" pertenece al grupo de local mojado.

Como protección contra contactos indirectos se usan interruptores diferenciales, medida habitual cuando se trata como en este caso de una distribución de tipo TT.

Todas las masas de los aparatos protegidos por el diferencial tienen que estar conectadas a la misma toma de tierra y la elección de la sensibilidad del interruptor diferencial debe cumplir la relación:

$$RA \leq V/I\Delta N$$

Donde:

$I\Delta N$: Sensibilidad del interruptor diferencial (A).

RA : Resistencia de puesta a tierra de las masas (Ω).

V : Tensión de seguridad (V).

En la instalación de baja tensión, el caso más desfavorable en cuanto a la sensibilidad de un aparato protegido por un diferencial son los motores de las válvulas de apertura y cierre y el ventilador de la bomba. Por el motivo de tener que hacer selectividad con la línea del motor bomba, su sensibilidad se incrementa hasta 1 A, por tanto en la fórmula anterior quedaría:

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

$$R_A \leq 12/1 = 12 \, \Omega$$

Viendo la tabla 14.3 de la ITC-BT-18 y observando las características del terreno en el cual se va a asentar la estación de rebombeo, se ha considerado que la naturaleza del terreno puede englobarse dentro del grupo de calizas blandas y por tanto se ha establecido una resistividad de 200 Ωm .

Al tratarse de un local catalogado dentro del grupo de locales mojados y con el valor de sensibilidad elevado citado anteriormente impone serias restricciones para la instalación de la toma de tierra, por lo que al final se ha optado por los ELECTRODOS TIPO UNESA, en concreto siguiendo su código de configuración por 60-60/8/44. Es decir, estamos hablando de una configuración en forma de cuadrado de 6 x 6 m, a una profundidad de 0.8 m, 4 picas de 4 m de longitud cada una de ellas. La sección del conductor es de 50 mm² y el diámetro de las picas de 14 mm. El coeficiente que nos interesa para calcular la resistencia de puesta a tierra es K_r que según la tabla es de 0.059, con lo que para calcular su resistencia a tierra lo único que hay que hacer es:

$$R_A = \rho \times K_r = 200 \times 0.059 = 11.8 \, \Omega \leq 12 \, \Omega \rightarrow \text{Cumple con la condición impuesta}$$

Según la ITC-BT-18, para asegurar la independencia para la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No exista canalización metálica conductora (canalizaciones de agua, gas, ...) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
- Cuando el terreno sea muy mal conductor (resistividad $>100 \, \Omega \times \text{m}$), la distancia mínima se calculará aplicando la fórmula:

$$D = \rho I_d / 2\pi U$$

Siendo:

- | | |
|-------|--|
| D | Distancia entre electrodos, en metros. |
| P | Resistividad media del terreno en $\Omega \times \text{m}$. |
| I_d | Intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica. |
| U | 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menos o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. |

Para este caso, la I_d proporcionada por la empresa suministradora ENDESA-ERZ es de 5 A, por tanto:

$$D = (200 \times 5) / (2 \times \pi \times 1200) = 0.13 \, \text{m} \rightarrow \text{Prácticamente despreciable}$$

- El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Instalaciones de Baja Tensión

En este caso se puede observar como se cumplen todos estos requisitos, por lo que la instalación de esta toma de tierra sería la adecuada. Señalar que la compañía suministradora, en este caso E.R.Z. recomienda que la distancia entre la tierra de protección del abonado, es decir, de la instalación de Baja Tensión y cualquiera de las tierras del centro de transformación debe ser de al menos 20 m para así garantizar su independencia.

Los conductores de protección se han calculado adecuadamente y según la tabla 18.2 de la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo señalar también que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

3.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa General

3.2.1 POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO

El suministro de energía eléctrica a la Estación de Rebombeo se realizará por medio de un Centro de Transformación propio a construir en el interior de un edificio prefabricado, ubicado al lado de la Estación. Dicho Centro de Transformación se ha descrito en el apartado 2.2 de la presente memoria. La tensión nominal de suministro será una tensión trifásica entre fases de 15000 voltios. La frecuencia de la señal será de 50 Hz.

La potencia instalada vendrá dada por la suma de las potencias nominales de los diferentes motores o receptores. Para calcular la potencia necesaria a aportar por parte del transformador se aplicará un coeficiente de simultaneidad de utilización que, según el régimen previsto de funcionamiento de la instalación minorará la potencia instalada.

A continuación se relacionan los consumidores a instalar y las potencias previstas en el Cuadro de Baja Tensión:

Salida nº	MOTOR O RECEPTOR	P. inst (kW)
2	Motor bomba 1	55
2	Motor válvula de admisión 1	0.75
2	Motor válvula de impulsión 1	0.75
2	Motor ventilador bomba 1	1.5
2	Condensador trifásico 1	- (15 kVAr)
3	Motor bomba 2	55
3	Motor válvula de admisión 2	0.75
3	Motor válvula de impulsión 2	0.75
3	Motor ventilador bomba 2	1.5
3	Condensador trifásico 2	- (15 kVAr)
4	Motor bomba 3	55
4	Motor válvula de admisión 3	0.75
4	Motor válvula de impulsión 3	0.75
4	Motor ventilador bomba 3	1.5
4	Condensador trifásico 3	- (15 kVAr)
5	Motor bomba 4	55
5	Motor válvula de admisión 4	0.75
5	Motor válvula de impulsión 4	0.75
5	Motor ventilador bomba 4	1.5
5	Condensador trifásico 4	- (15 kVAr)
1	Emergencias Centro de Transformación	0.022
1	Tomas de corriente C.T.	3.45
1	Alumbrado Centro de Transformación	0.072
1	Emergencias 1 Estación de Rebombeo	0.066
1	Alumb. sala de máquinas parte izda y almacén	0.648
1	Alumbrado sala de máquinas parte drcha	0.432
1	Emergencias 2 Estación de Rebombeo	0.088
1	T. de corriente 1 sala de máquinas	3.45
1	T. de corriente 2 sala de máquinas	3.45
1	Sistema de control	1
1	T. de corriente trifásicas	10
1	2 motores desplazamiento del puente grúa	1.5
1	Motor elevación puente grúa	7.5
1	2 motores desplazamiento carro puente grúa	0.74
	TOTAL	264.49

La suma total de las potencias instaladas asciende a: **264.49 kW**.

Cabe señalar que tal y como se justifica en el apartado 4.2.4 de la presente Memoria, los equipos de bombeo necesarios actualmente son 3, pero ante la posibilidad de una próxima nueva demanda de solicitantes para la incorporación en el proyecto señalado de transformación de tierras de secano en regadío, con el consiguiente aumento de las hectáreas a regar, se ha tomado la decisión de incorporar a los cálculos justificativos del tamaño del transformador del Centro de Transformación, un nuevo equipo de bombeo con las mismas características que los anteriores. Este nuevo equipo está representado en el plano 3.3.3 que representa el esquema unifilar de la instalación de B.T., y también figuran los diferentes cálculos eléctricos en el apartado 3.2.4.3.3, en el Cuadro General de los equipos de bombeo, aunque el valor de todo el conjunto del nuevo equipo no viene incluido en el Presupuesto General del presente proyecto, ya que tan solo se van a contabilizar las instalaciones proyectadas para su uso actual. Para aclarar si que se incluirá el motor bomba ya que inicialmente es conveniente que haya un motor bomba de reserva por si urge algún imprevisto o avería, pero no se va a incluir en este Presupuesto General sus protecciones necesarias, así como su montaje e instalación de todo este nuevo equipo.

Teniendo en cuenta que las bombas pueden funcionar al mismo tiempo, no consideraremos ningún coeficiente de simultaneidad para los equipos de bombeo, salvo la apreciación que debido a la construcción de la automatización, tanto las válvulas de aspiración como las de impulsión nunca pueden funcionar a la vez que el motor bomba.

Para el resto de la instalación de Baja Tensión, es decir alumbrado, tomas, puente grúa, se va a considerar un coeficiente de simultaneidad de 0.6.

3.2.2 TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN

La tensión de suministro desde el transformador será trifásica en baja tensión a 400 V entre fases, en corriente alterna (50 Hz), y 230 V entre fase y neutro. Dichos valores de tensión deberán de ser garantizados con la instalación en carga.

3.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.2.3.1 Instalación de enlace

En este apartado se hace referencia a la acometida de los cables de entrada a la Estación de Rebombeo.

La acometida desde el cuadro de baja tensión situado en el Centro de Transformación hasta el cuadro general de los equipos de bombeo situado en la Estación de Rebombeo se realizará a base de conductores unipolares de aislamiento interior de polietileno reticulado y cubierta exterior de PVC, tipo RV-K 0.6/1 kV de sección 400 mm², sin necesidad de conductor neutro, ya que todos los receptores a alimentar en los equipos de bombeo son trifásicos, es decir 3x400 mm² Cu RV-K 0.6/1 kV, tendida por canalización subterránea, y de sección suficiente tal y como se demuestra en el apartado 3.2.4.3.3, en el Cuadro General de los equipos de bombeo. Los conductores se conectarán por medio de terminales de conexión del mismo material conductor. El apriete de los mismos se realizará por punzonado con la herramienta correspondiente.

Dicha canalización subterránea consistirá en una zanja de 1.2 m de profundidad por 60 cm de anchura. Los cables se colocarán directamente enterrados al suelo, realizando una triangulación por ternas, apiladas en dos niveles diferentes, conteniendo cada nivel a dos ternas o grupos de cables unipolares. En el fondo se dispondrá de un lecho de arena cribada de unos 10 cm de espesor, sobre la cuál se depositarán los cables. Se cubrirán los cables con otra capa de arena de 30 cm de espesor. Se dispondrá de una placa de PVC (recomendación de ERZ) como medida de protección mecánica. Encima de la placa existirá otra capa de tierra, sin piedras ni cascotes, de unos 20 cm. Se dispondrá de una cinta de PVC con la señalización de advertencia. Finalmente se cubrirá el esto de la zanja con la tierra natural compactada.

También se va a construir otra canalización subterránea de similares características de 80 cm de profundidad y 60 cm de anchura por la que circularán los cables de la línea que conectan el

cuadro general de mando y protección del Centro de Transformación con el cuadro de mando y protección de la Estación de Rebombéo. Serán conductores unipolares de aislamiento interior de polietileno reticulado y cubierta exterior de PVC, tipo RV-K 0.6/1 kV, de sección 50 mm² con neutro, es decir, 4x50 mm² Cu RV-K 0.6/1 kV.

La tensión nominal de suministro será de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro.

3.2.3.2 Cuadro de mando y protección, descripción de los equipos

Los cuadros de mando y protección que habrá en la instalación de B.T. son:

- Cuadro de Baja Tensión: está situado en el Centro de Transformación (en este caso C.T.-2) y es el encargado de distribuir las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación.
- Cuadro General de Mando y Protección del C.T.-2: distribuye y protege los circuitos del Centro de Transformación.
- Cuadro General de los equipos de bombeo: protege el conjunto de aparatos de bombeo además de poder controlarlos manualmente gracias al sistema de automatización instalado. Los esquemas de potencia y de mando, así como sus conexiones interiores pueden verse en los planos 3.3.4, en sus 4 hojas.
- Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombéo: protege los circuitos de alimentación y tomas de corriente, además de la alimentación del puente grúa.
- Cuadro de Mando y Protección del puente grúa: protege y además controla dicho puente grúa mediante la automatización instalada. Al igual que en el caso anterior, los esquemas de potencia y de mando, así como sus conexiones interiores pueden verse en los planos 3.3.5, en sus 4 hojas.

Los cuadros en su conjunto, embarrado, apartamentado, etc..., se diseñarán de acuerdo con los valores de la intensidad nominal, tensión e intensidad de cortocircuito.

El cuadro de los equipos de bombeo estará constituido en chapa de acero de al menos 2 mm de espesor, con los perfiles de refuerzo necesarios. Será de acceso frontal mediante puertas y tendrá una protección mínima IP-55, pues es posible la presencia de polvo y humedad por las características de la instalación y el emplazamiento del lugar.

Este cuadro estará dividido en 4 partes iguales, una de las cuales se dejará libre para futuras ampliación. En cada una de estas partes o módulos irán montados sobre bastidores o placas de montaje el conjunto de elementos constituyente en cada equipo de bombeo.

La construcción estará prevista para montaje contra la pared. Para ello, todos los aparatos y accesorios serán accesibles y desmontables desde el frente.

Cada aparato llevará una etiqueta con su nombre según la nomenclatura descrita en los esquemas de potencia y mando.

Las puertas irán conectadas a masa por medio de latiguillos flexibles de 16 mm² de sección mínima. Cada módulo dispondrá de una manivela de cierre.

En cuanto a los demás cuadros, la altura a la que se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. Se situarán fuera de los locales mojados, y si ésto no fuera posible, se protegerán contra las proyecciones de agua, grado de protección IPX4. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

En los siguientes apartados se va a describir el contenido interior de los elementos debidamente conexonados, salvo el Cuadro de Baja Tensión cuyo contenido ya ha sido explicado en el apartado 2.2.2.2.4 de la presente Memoria.

3.2.3.2.1 Cuadro General de Mando y Protección de C.T.-2

Este cuadro estará formado por un cofret modular de superficie de material aislante autoextinguible con doble aislamiento, de dimensiones 200x184x94 (altoxanchoxfondo) de 1fila con 8 módulos, resistencia al fuego IEC 60695-2-1, fondo y tapa frontal 650 °C/30 seg, IP-40, color del cofret blanco con puerta plena. Contiene los siguientes elementos:

- Un interruptor magnetotérmico general marca Merlin Gerin o similar modelo NG125L curva “C” 4 polos de 50 A, poder de corte 50 kA, para protección de la entrada al cuadro.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo NG125L curva “C” 4 polos de 40 A, poder de corte 50 kA, para protección de la salida del cuadro hacia la estación de rebombeo.
- Un interruptor diferencial marca Merlin Gerin o similar modelo Domae de 2 polos 40 A, 30 mA, clase AC.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo NG125N curva “C” 2 polos de 16 A, poder de corte a 240 V de 50 kA, para protección de las tomas de corriente del Centro de Transformación.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo NG125N curva “C” 2 polos de 10 A, poder de corte a 240 V de 50 kA, para protección de la línea de alumbrado y de la de emergencias del Centro de Transformación.

3.2.3.2.2 Cuadro General de los equipos de bombeo

Armario formado por una envolvente metálica de dimensiones 1500x2700x1000 mm, con placa de montaje, grado de protección IP-55, chapa galvanizada con revestimiento de resina epoxi RAL 7032. Tal y como se ha explicado anteriormente, el armario se va a dividir en 4 módulos iguales, 3 para uso actual y un futuro módulo para una posible ampliación futura, conteniendo cada uno de los 3 módulos en su interior debidamente conectados los siguientes elementos:

- Un interruptor automático diferencial marca Merlin Gerin o similar modelo Vigicompact NS250 con bloque Vigi MB y bloque de relés TM200D, 3 polos, poder de corte 36 kA, un interruptor para protección del conjunto del equipo de bombeo.
- Un disyuntor marca Telemecanique o similar modelo NS160HMA 150 A de 3 polos con unidad de regulación de disparo magnético MA comprendido entre 135° y 2100 A, poder de corte 70 kA, para la protección magnética de la línea motor bomba.
- Un contactor tripolar de 150 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-F150E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-DN22.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR9F5369 con regulación térmica comprendida entre 90 y 150 A para protección frente a sobrecargas en la línea motor bomba.
- Un arrancador electrónico suave marca Siemens o similar modelo Sikostart 3RW22, en concreto el tipo 3RW2234-0DB15 para corrientes nominales del motor de 100 A.
- Dos disyuntores marca Telemecanique o similar modelo GV2-L08, 3 polos con calibre de protección magnética 4 A, poder de corte de 100 kA, para la protección frente a cortocircuitos de las 2 líneas de las válvulas.
- Cuatro contactores tripolares de 6 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-K0610E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-KN02, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en las líneas de las válvulas.
- Dos relés térmicos tripolares marca Telemecanique o similar modelo LR2-K0310 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 2.6 y 3.7 A, que protege ante sobrecargas a las líneas de las válvulas del equipo de bombeo.

- Un guardamotor tripolar marca Telemecanique o similar modelo GV2-M con regulación térmica comprendida entre 4 y 6.3 A, poder de corte de 100 kA, para la línea del ventilador de la bomba.
- Un contactor tripolar de 9 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D0900E7, categoría AC-3, para conexión del motor del ventilador.
- Un interruptor automático marca Merlin Gerin o similar modelo Compact NS100N con bloque de relés TM40D, 3 polos, poder de corte 36 kA, para protección de la línea del condensador trifásico.
- Un contactor tripolar para control de condensadores trifásicos marca Telemecanique o similar modelo LC1-DGK11E7, categoría AC-3.
- Un relé electrónico temporizado a la conexión marca Telemecanique o similar modelo RE7.
- Un contactor auxiliar marca Telemecanique o similar modelo CAD32E7 para circuito de mando.
- Pilotos de color verde y rojo de 48 V, además de pulsadores de la marca Bartec o similar para circuito de mando.

3.2.3.2.3 Cuadro de Mando y Protección del puente grúa

Este cuadro estará formado por una estación de maniobra marca Bartec modelo EExedm de acero inoxidable 316L con puerta, estanco, con grado de protección IP-65, de dimensiones 600x600x210 (altoxanchoxfondo) donde pueden incorporarse tanto elementos de panel (pulsadores, pilotos, selectores, amperímetros) situados en el exterior de las envolventes, como elementos sobre placa o aparillaje eléctrico (relés, contactores, trafos, temporizadores...). Llevará conectados correctamente según esquema unifilar los siguientes elementos:

- Interruptor magnetotérmico general marca Merlin Gerin o similar modelo C60N curva "D" 3 polos de 40 A, poder de corte 6 kA, con bloque diferencial Vigí C60, 3 polos de 32 A, 300 mA, clase AC, para proteger la entrada del cuadro del puente grúa.
- Un interruptor magnético o disyuntor marca Telemecanique o similar modelo GV2-LE22 de 3 polos con calibre de protección magnética de 25 A, poder de corte a 400 V de 15 kA, que protege ante cortocircuitos a la línea del motor de elevación del puente grúa.
- Un interruptor magnético o disyuntor marca Telemecanique o similar modelo GV2-LE10 de 3 polos con calibre de protección magnética de 6.3 A, poder de corte a 400 V de 100 kA, que protege ante cortocircuitos a las 2 líneas de los motores para el desplazamiento del puente grúa.
- Un interruptor magnético o disyuntor marca Telemecanique o similar modelo GV2-LE10 de 3 polos con calibre de protección magnética de 4 A, poder de corte a 400 V de 100 kA, que protege ante cortocircuitos a las 2 líneas de los motores para el desplazamiento del carro del puente grúa.
- Dos contactores tripolares de 32 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D3200E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-DN22, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en la línea del motor elevación.
- Dos contactores tripolares de 32 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D3200E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-DN22, al igual que otro contactor tripolar de 18 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D3200E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-DN22 para poder realizar la conexión Dalhander al motor elevación del puente grúa.
- Dos contactores tripolares de 9 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-K0910E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-KN22, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en las líneas de los motores desplazamiento puente.

- Dos contactores tripolares de 6 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-K0610E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-KN22, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en las líneas de los motores desplazamiento carro.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR3-D1353 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 17 y 25 A, que protege ante sobrecargas cuando el motor elevación está funcionando en la marcha rápida.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR7-K0316 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 8 y 11.5 A, que protege ante sobrecargas cuando el motor elevación está funcionando en la marcha lenta.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR7-K0312 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 3.7 y 5.5 A, que protege ante sobrecargas a las líneas de los motores desplazamiento puente.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LR7-K0310 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 2.6 y 3.7 A, que protege ante sobrecargas a las líneas de los motores desplazamiento carro.
- Un contactor auxiliar marca Telemecanique o similar modelo CAD32E7 para circuito de mando.
- Pilotos de color verde y rojo de 48 V, además de pulsadores de la marca Bartec o similar para circuito de mando.

3.2.3.2.4 Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo

Este cuadro estará formado por un cofret modular de superficie de material aislante autoextinguible con doble aislamiento, de dimensiones 221x364x100 (altoxanchoxfondo) de 1fila con 18 módulos, resistencia al fuego IEC 60695-2-1, fondo y tapa frontal 650 °C/30 seg, IP-40, color del cofret blanco con puerta transparente. Contiene los siguientes elementos:

- Interruptor magnetotérmico general marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 4 polos de 40 A, poder de corte 10 kA, para protección de la entrada al cuadro.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "D" 3 polos de 40 A, poder de corte 10 kA, para proteger la salida al cuadro del puente grúa.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 3 polos de 20 A, poder de corte 10 kA, con bloque diferencial Vigi C60, 3 polos de 25 A, 30 mA, clase AC, para proteger la línea de tomas trifásicas.
- Dos interruptores diferenciales marca Merlin Gerin o similar modelo ID terciario de 4 polos 40 A, 30 mA, clase AC.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 2 polos de 6 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de alumbrado de emergencia.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 2 polos de 10 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de alumbrado.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "C" 2 polos de 16 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de tomas de corriente monofásicas.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva "Z" 2 polos de 10 A, poder de corte 25 kA, para proteger la línea del sistema de control.

3.2.3.3 Instalaciones interiores

CONDUCTORES

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los

conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

EQUILIBRADO DE CARGAS

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

CONEXIONES

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Los terminales, empalmes y conexiones de las canalizaciones presentarán un grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4.

Las tomas de corriente y aparatos de mando y protección se situarán fuera de los locales mojados, y si ésto no fuera posible, se protegerán contra las proyecciones de agua, grado de protección IPX4. En este caso, sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

SISTEMAS DE INSTALACIÓN

Prescripciones generales

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4.

Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar

holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

3.2.3.4 Sistema de puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

El electrodo de puesta a tierra se define en el plano 3.3.6 y estará compuesto por un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección que unirá los electrodos tipo pica de 2 metros de longitud y de 19 mm de diámetro, según norma UNESA.

3.2.3.4.1 Bornes de puesta a tierra y conductores de protección

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

3.2.3.4.2 Resistencia de las tomas de tierra

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

Pero siendo más estrictos, la norma UNE 20460 presenta una clasificación detallada de los diferentes locales, en función de múltiples parámetros, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de utilización.

Según el tipo de local, se definen tres valores de tensión de seguridad que no deben rebasarse (12 V para los locales mojados, 25 V para los locales húmedos y 50 V para los locales secos). Estas tensiones, consideradas como no peligrosas, provocan la circulación por el organismo humano de una corriente inferior a 30 mA. En el caso que nos atañe, se ha considerado que la “Estación de Rebombéo General” pertenece al grupo de local mojado. Esta consideración se ha hecho en beneficio de la seguridad. El cálculo de la resistencia de la toma de tierra de esta estación de rebombéo se encuentra en el apartado 3.2.4.4 de la presente Memoria.

3.2.3.4.3 Tomas de tierra independientes

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

3.2.3.4.4 Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ($<100 \text{ ohm}\cdot\text{m}$). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada. Precisamente esta distancia está calculada en el apartado 3.2.4.4 dentro de la parte del Anexo de cálculos.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal

manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \times R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

3.2.3.4.5 Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

3.2.3.5 Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra las proyecciones de agua "IPX4" y no serán de clase 0. No se admiten aparatos de alumbrado portátiles, excepto cuando se utilice como sistema de protección la separación de circuitos o el empleo de muy bajas tensiones de seguridad.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9. Señalar que en el presente anexo de cálculos se han realizado los cálculos en las líneas de alumbrado considerando un factor de potencia de 0,5, que sería el coeficiente real de una lámpara de descarga sin tener en cuenta el condensador que suelen llevar en su equipamiento, pero esto es en beneficio de la seguridad ya que las líneas de alumbrado realmente van menos sobrecargadas de lo calculado.

3.2.3.6 Receptores a motor

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

Más de 15 kW: 1,5

3.2.3.7 Sistema de control

El sistema eléctrico de los equipos de bombeo podrá funcionar de dos modos distintos:

- Modo manual, actuando directamente el operador sobre los pulsadores de la automatización.
- Modo automático, en el cual los equipos de la estación de rebombeo estarán controlados por un autómata programable que se encargará de realizar las tareas de mando, control y supervisión de la instalación que será en este caso el cuadro del sistema de control.

Este sistema de control tendrá que ir en sintonía con el sistema de control de la Estación de Rebombeo General, ya que las bombas de dicha estación son las encargadas de llenar la Balsa de Regulación.

En modo manual, como se ha citado anteriormente, el operador tiene la capacidad de actuar directamente sobre los equipos de bombeo a través de los pulsadores de la automatización, teniendo en cuenta que en este modo de operación el autómata funcionará en modo de supervisión y tendrá la capacidad de mostrar alarmas del sistema si los parámetros a controlar se encuentran fuera de rango. Si dichos parámetros pudieran ser peligrosos para la instalación el autómata también tendrá la capacidad de proporcionar órdenes de arranque y paro de motores. Estos parámetros del sistema podrán ser continuamente consultados por parte del operador para así evitar posibles malas maniobras.

Por lo tanto, se diseñará el sistema para que, en cualquier modo de operación, el autómata supervise el sistema electromecánico y su funcionamiento.

La automatización, cuyos elementos y conexiones se pueden observar en los planos 3.3.4 (estos planos corresponderían a un solo equipo de bombeo) es un sistema de seguridad que asegura un correcto funcionamiento de la instalación con la posibilidad como se ha explicado en los párrafos anteriores de los dos modos de funcionamiento. La transición de operaciones sería la siguiente:

Instalaciones de Baja Tensión

1. El operador o el autómatas observan una falta de presión en el sistema por un aumento de la demanda y deciden que hay que encender un equipo de bombeo, por lo que pulsan o activan el pulsador de marcha de control, el operador el que viene presentado en el esquema de mando como SB121 y el autómatas dará la orden a los contactos SB122 y SB132, representados como pulsadores de control de externo.
2. Entonces las válvulas motorizadas tanto de aspiración como de impulsión empiezan a abrirse. Este recorrido está controlado por los finales de carrera SQ121 y SQ131.
3. Al llegar al límite de la apretura de las válvulas, los finales de carrera SQ121 y SQ131 normalmente cerrados se abren y al abrirse activan el circuito de la temporización KT17.
4. Esta temporización tiene la misión de esperar unos cuantos segundos mientras las bomba se llena de agua. Esta agua vendría del retorno de la válvula de impulsión. Además sirve como seguridad para no activar el motor bomba hasta que las válvulas no se hallen completamente abiertas.
5. Transcurridos esos segundos, el motor bomba se conecta. Al conectarse este motor, también se conectan el condensador trifásico y el ventilador de la bomba.
6. Cuando el operador o el autómatas consideren que es preciso apagar la bomba, el operador tendrá que pulsar el pulsador SB011, mientras que el autómatas activar SB012. Con esto el motor bomba se desactivaría.
7. Posteriormente habría que cerrar las válvulas motorizadas tanto de aspiración como de impulsión. Para ello el operador tendría que pulsar SB221 y SB231 para cerrar una y otra respectivamente, mientras que el autómatas activar SB222 y SB232.
8. Sus motores correspondientes comenzarían a cerrar las válvulas hasta que los finales de carrera SQ122 y SQ132 detectasen el final del trayecto, desconectando ambos motores.

Este sería su funcionamiento básico. Aparte la automatización lleva diferentes medidas de seguridad que las citamos a continuación:

- I. Contactos auxiliares cruzados de los contactores en el esquema de mando en las ramas que alimentan a los órganos de mando de estos contactores. Como se puede observar en el circuito de potencia, tanto en la línea del motor de la válvula de aspiración como en la de la válvula de impulsión existe una estructura inversora formada a base de contactores. Por tanto es muy importante este cruzamiento de contactos auxiliares para así evitar que ambos contactores estén conectados a la vez y evitar así un cortocircuito.
- II. Se han colocado también contactos auxiliares que evitan que mientras esté funcionando alguna de las válvulas en el sentido que sea, el motor bomba es imposible se que conecte ya que no le llegaría alimentación al órganos de mando del contactor que conecta el motor de la bomba.
- III. Aparte del pulsador de paro, existen pulsadores de emergencia, distribuidos a lo largo de diferentes puntos a lo largo de la Estación que paran los diferentes equipos de bombeo y además con enclavamiento, es decir, si no se manipulan no vuelven a su posición habitual.
- IV. Si los relés térmicos detectan algún problema de sobrecarga, la automatización entera se para, sea el motor que sea. Si existiese algún problema con el motor del ventilador de la bomba y el guardamotor se abriese, esto no pararía la automatización entera ya que se ha considerado que no es fundamental para el funcionamiento del sistema. Eso sí, el automatismo recibe las señales de sensores tanto de temperatura ambiente como de temperatura de la bomba, y entonces sería esta la encargada de desconectar el motor bomba correspondiente.

Por último señalar que las principales funciones que implementará el programa de lógica local del autómatas serán:

- Automatización y gestión del arranque/parada del bombeo en función del nivel de la Balsa de Regulación.

- Vigilancia del estado de la bomba: parada, marcha, automático, fuerade servicio, en fallo.
- Control de las horas de funcionamiento y número de arranques.
- Medida del caudal instantáneo y volumen (totalizadores).
- Vigilancia del estado del medidor de caudal.
- Medida en continuo del nivel de la balsa.
- Vigilancia del estado del medidor de nivel en continuo y de las sondas de nivel máximo y mínimo.
- Autoajuste del medidor de nivel en continuo.
- Medida en continuo de la presión de impulsión del bombeo.
- Vigilancia del estado de los medidores de presión.
- Vigilancia del estado del presostato de seguridad de impulsión del bombeo.
- Vigilancia de los parámetros eléctricos de la estación (tensión, intensidad, energía, potencia).
- Gestión energética: automatización del arranque/parada del bombeo en función de la tarifa eléctrica.
- Envío de alarmas a teléfonos móviles, enlazando variables con mensajes y textos totalmente parametrizables.
- Teleconsulta y telelectura desde teléfono móvil y/o ordenador remoto de estados, con mensajes y textos totalmente parametrizables.
- Telemando para activación de las salidas digitales desde teléfono móvil (mediante mensajes SMS) u ordenador remoto: órdenes de arranque (ON/OFF) o rearme (Reset).
- Detección del estado de las baterías.
- Generación y registro de alarmas: Nivel captación alto/bajo; presión impulsión alta /baja; fallo en el bombeo; fallo de tensión de alimentación; baterías bajas.

3.2.4 ANEXO DE CÁLCULOS

3.2.4.1 Justificación del cálculo del puente en B.T. entre el transformador y el cuadro de B.T.

Tal y como está calculado en el apartado 2.2.3.2 de la presente memoria, la intensidad de salida del transformador en B.T. es de 549.9 A. Dicha corriente tiene que ser admitida por los cables que formarán el puente aéreo entre el transformador y el cuadro de B.T. Por su maniobrabilidad, capacidad de carga y su flexibilidad se ha estimado el uso de cable de cobre de polietileno reticula 240 mm² RZ1-K 0.6/1 kV. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la tabla 2 de la ITC-BT-19, fila F, considera que un cable unipolar de las características citadas en las líneas anteriores admite una intensidad de corriente máxima de 552 A. Aunque esta cantidad es mayor que 549.9 A, para que no vaya tan justo, lo más conveniente sería colocar 2 cables por fase en paralelo.

Por lo tanto el puente estará compuesto por 2 cables de 240 mm² por fase y 2 cables de 120 mm² para el neutro, aunque viendo que la mayor parte de la carga de los receptores en la Estación de Rebombeo son trifásicos, alimentados por circuitos trifásicos sin neutro, como el caso de todos los equipos de bombeo, lo más razonable sería reducir el número de cables en el neutro a 1, con lo que nos quedaría:

$$2(3 \times 1 \times 240) + 1 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Cu RZ1-K 0.6/1 kV}$$

3.2.4.2 Fórmulas

3.2.4.2.1 Cálculo de la caída de tensión

La caída de tensión en una línea o fase se puede expresar según la ecuación:

$$\Delta U_{\text{fase}} = R_L \times I \times \cos\phi + X_L \times I \times \sin\phi$$

En donde:

ΔU_{fase} La caída de tensión en una fase en voltios (V).

R_L Representa la parte óhmica de la fase, su resistencia, en ohmios (Ω).

X_L Representa la parte inductiva de la fase, su reactancia, en ohmios (Ω).

I Representa la intensidad que circula por esa fase, en amperios (A).

ϕ Desfase entre las ondas de intensidad y de tensión debido a la carga conectada, que viene expresada en grados ($^\circ$).

Si expresamos los parámetros de una línea eléctrica en ohmios por unidad de longitud, la ecuación anterior queda de la siguiente forma:

$$\Delta U_{\text{fase}} = I \times L \times (R'_L + X'_L \times \tan\phi) \times \cos\phi = I \times L \times \psi \times \cos\phi$$

Siendo:

L Longitud de la línea en metros (m).

R'_L Resistencia de la línea por unidad de longitud, en ohmios / metro (Ω / m).

X'_L Inductancia de la línea por unidad de longitud, en ohmios / metro (Ω / m).

ψ Impedancia longitudinal específica de la línea por unidad de longitud, en Ω / m .

Si se considera el caso de una **línea trifásica** en la que la tensión en los extremos de la carga se mantiene muy próxima a la tensión nominal de la línea, como ocurre en el correcto diseño de una línea y la ΔU_{fase} la referenciamos precisamente a la tensión nominal entre fases U_N (tensión de línea), la fórmula anterior queda:

$$\Delta U_L = (P \times L \times \psi) / U_N$$

resultando:

ΔU_L Caída de tensión en una línea trifásica referenciada a la tensión de línea en voltios (V).

P Potencia activa de la carga o receptor conectada a la línea en vatios (W).

U_N Tensión de la línea del sistema trifásico en voltios (V).

Para expresarlo en porcentaje respecto a la tensión de línea U_N haremos:

$$\Delta U_L(\%) = (100 \times \Delta U_L) / U_N$$

En el caso de una **línea monofásica**, teniendo en cuenta el cable de retorno, la expresión de la caída de tensión queda:

$$\Delta U = 2 \times I \times L \times \psi \times \cos\phi.$$

Y siguiendo el razonamiento análogo utilizado en el caso trifásico conducen a la fórmula:

$$\Delta U = (2 \times P \times L \times \psi) / U_N$$

En este caso solo hablamos de ΔU ya que en una línea monofásica solo tenemos una tensión. Al igual que para el caso trifásico, para calcular la ΔU en porcentaje:

$$\Delta U(\%) = (100 \times \Delta U) / U_N$$

Siendo para este caso monofásico $U_N = 230 \text{ V}$.

Recordar que según el R.E.B.T., en la I.T.C.-B.T. 19, para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador (en este proyecto se ha considerado el cuadro de B.T.) y la caída de tensión máxima es:

- 4,5 % para alumbrado
- 6,5 % para los demás usos en general

Teniendo en cuenta el comportamiento real de los cables, los efectos inductivos en los cables se pueden despreciar para secciones inferiores o iguales a 120 mm^2 . Para secciones superiores, el dato de inductancia que se va a tomar va a ser el proporcionado por el fabricante (en este caso Pirelli).

Respecto a la parte óhmica señalar que:

$$R'_L = 1 / (\sigma \times S)$$

Donde:

- σ Conductividad del cable en $\text{m} / (\Omega \times \text{mm}^2)$.
- S Sección del cable en mm^2 .

Si se desprecia la reactancia, la caída de tensión en una **línea trifásica** (con referencia a la tensión de línea) será:

$$\Delta U_L = (P \times L) / (U_N \times \sigma \times S)$$

Y para una **línea monofásica**:

$$\Delta U = (2 \times P \times L) / (U_N \times \sigma \times S)$$

3.2.4.2.2 Cálculo de la sección de un conductor

Siguiendo con las ecuaciones anteriores, si se considera que la reactancia de un conductor es despreciable, despejando la sección en el caso de la **línea trifásica** queda:

$$S = (P \times L) / (U_N \times \Delta U_L \times \sigma)$$

Igualmente para una **línea monofásica**:

$$S = (2 \times P \times L) / (U_N \times \Delta U_L \times \sigma)$$

Si la sección es mayor de 120 mm², para realizar un cálculo más exacto, se considerará el valor de la reactancia proporcionada por el fabricante. Para este caso, en una **línea trifásica** volviendo a despejar la sección queda:

$$S = 1 / \{ \sigma \times [(\Delta U_L \times U_N) / (P \times L) - (X' L \times \tan \phi)] \}$$

Y en una **línea monofásica**:

$$S = 2 / \{ \sigma \times [(\Delta U_L \times U_N) / (P \times L) - (X' L \times \tan \phi)] \}$$

3.2.4.2.3 Cálculo de la temperatura de un conductor

La temperatura de un conductor es un factor que influye en su conductividad (σ). En este anexo de cálculos, no se va a tener esto en cuenta, aunque si se va a considerar el caso más desfavorable según el aislamiento que lleve el cable. La temperatura del conductor siempre tiene que ser inferior a la máxima temperatura que aguanta el material aislante que proteja a ese conductor.

$$T = T_0 + [(T_{MAX} - T_0) \times (I / I_{MAX})^2]$$

Siendo:

- T Temperatura del conductor (°C).
- T₀ Temperatura ambiente (°C):
 - Cables enterrados = 25°C
 - Cables al aire = 40°C
- T_{MAX} Temperatura máxima del conductor (°C).
 - XLPE, EPR, Z = 90°C
 - PVC, Z1 = 70°C
- I Intensidad prevista por el conductor (A).
- I_{MAX} Intensidad máxima admisible del conductor (A).

3.2.4.2.4 Cálculo de las protecciones de la línea

Un dispositivo de protección frente a sobrecargas debe satisfacer las 2 condiciones siguientes:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

$$I_z \leq 1.45 \times I_z$$

Donde:

- I_b Intensidad utilizada en el circuito (A).

- IN Intensidad nominal del dispositivo de protección (para los dispositivos de protección regulables, IN es la intensidad de regulación escogida).
- Iz Intensidad máxima admitida por el conductor según la norma UNE 20-460/5-523.
- I2 Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I2 se toma igual a:

La intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional de los interruptores automáticos es ($I_2 = 1.45 \times I_N$ según la norma EN-60898), lo que se cumple siempre con la primera ecuación.

La intensidad de fusión en el tiempo convencional de los fusibles normalizados es $I_2 = 1.6 \times I_N$ (según la norma EN-60269), lo que equivale a elegir $I_N \leq 0.9 \times I_z$.

Lo que en resumen se traduce que los calibres (IN) de los **interruptores automáticos** tienen que cumplir:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

Y para los **fusibles**:

$$I_b \leq I_N \leq 0.9 \times I_z$$

Los **interruptores automáticos magnetotérmicos** están caracterizados por una curva de disparo tiempo-intensidad. De acuerdo con las normas europeas (EN 60898 y EN 60947.2), considerando un tiempo de desconexión máximo de 0.1 segundos y siendo IN su intensidad nominal, la clasificación de los interruptores automáticos es:

- **Curva B:** Disparan para intensidades entre 3 y 5 IN.
- **Curva C:** Disparan para intensidades entre 5 y 10 IN. Apto para protección de receptores en general y líneas cortas.
- **Curva D:** Disparan para intensidades entre 10 y 14 IN. Apto para receptores con fuertes puntas de arranque (motores) y transformadores BT/BT.
- **Curva MA:** Disparan para intensidades fijadas a 12 IN. También se usan para el arranque de motores, pero a diferencia de los anteriores, no presentan protección frente a sobrecargas.
- **Curva Z:** Disparan para intensidades entre 2.4 y 3.6 IN. Están diseñados para la protección de circuitos electrónicos.

En cuanto a los **fusibles**, en este proyecto se han usado de 2 tipos:

- **Tipo gG:** Fusibles de rango completo para aplicación general.
- **Tipo aM:** Fusibles de curva parcial para protección de motores.

Señalar que para elegir los **interruptores diferenciales**, la intensidad asignada (IN) ha de ser igual o mayor que la intensidad (es decir su calibre) que dejen pasar los interruptores magnetotérmicos o automáticos en un mismo cable. Para elegir los **guardamotores** se tiene en cuenta solo la intensidad absorbida por el motor, sin multiplicarla por ningún coeficiente de arranque ni nada. Y en el caso de los **relés térmicos** se busca aquel cuyo resultado de multiplicar la intensidad absorbida del motor por 1.3, este comprendido dentro de la zona de reglaje del relé.

3.2.4.2.5 Cálculo de las impedancias de cortocircuito

Para calcular la intensidad de cortocircuito (I_{cc}) que tienen que ser capaces de cortar las protecciones de la instalación de B.T., hay que calcular previamente las impedancias de los elementos de la red. También tener en cuenta que se quiere calcular la I_{cc} en puntos situados a baja tensión (400 V), por lo que las impedancias de la red y de la línea aérea habrá que referenciarlas a baja tensión.

IMPEDANCIA RED DE ALIMENTACIÓN DE M.T.

Datos de la Red Eléctrica:

- Tensión de servicio: 15 kV.
- Intensidad de Cortocircuito Nominal: 20 kA.
- Potencia de Cortocircuito: 519.6 MVA.

La impedancia de la red referida en A.T. se calcula como:

$$Z_{RED\ M.T.} = U^2 / S_{cc} = [(15 \times 10^3)^2] / (519.6 \times 10^6) = 0.433\ \Omega.$$

Si la resistencia R_{RED} y la reactancia X_{RED} son desconocidas, puede tomarse:

$$X_{RED\ M.T.} = 0.995 \times Z_{RED\ A.T.} = 0.995 \times 0.433 = 0.4308\ \Omega.$$

$$R_{RED\ M.T.} = 0.1 \times X_{RED\ A.T.} = 0.1 \times 0.4308 = 0.04308\ \Omega.$$

Si se referencia a baja tensión:

$$X_{RED\ B.T.} = X_{RED\ M.T.} / (U_{M.T.} / U_{M.T.})^2 = 0.4308 / (15000 / 400)^2 = 0.306\ m\Omega = 0.306 \times 10^{-3}\ \Omega.$$

$$R_{RED\ B.T.} = R_{RED\ M.T.} / (U_{M.T.} / U_{M.T.})^2 = 0.04308 / (15000 / 400)^2 = 0.0306\ m\Omega = 0.306 \times 10^{-4}\ \Omega$$

IMPEDANCIA DE LA LÍNEA AÉREA

Esta línea aérea es la que alimenta el C.T. enganchando en la línea de M.T. más próxima. A continuación se muestra una tabla con las características de los conductores LA más utilizados donde aparecen valores de resistencia, sección y conductividad:

Magnitud	LA-30	LA-56	LA-78	LA-110	LA-145
Características de los conductores					
R (Ω/km)	1.0749	0.6136	0.4261	0.3066	0.2422
S (mm^2)	31.1	54.6	78.6	116.2	147.1
δ_c (A/mm^2)	4.376	3.6114	3.176	2.695	2.502

Se calcula la corriente máxima que puede absorber el C.T., la cual vendrá marcada por la potencia aparente del transformador:

$$I_{M.T.} = S_{TRAFO} / [(\sqrt{3}) \times U] = 400000 / [(\sqrt{3}) \times 15000] = 15.4\ A$$

Se comprueba si el cable LA-30 sirve:

$$I_z\ M.T. = \delta_c \times S = 4.376 \times 31.1 = 136.09\ A > 15.4\ A \rightarrow \text{Válido}$$

La Resistencia viene en la tabla anterior, pero habrá que calcular la reactancia. Su fórmula es:

$$X' = \omega \times L_k = 2 \times \pi \times f \times L_k$$

En donde:

X' reactancia kilométrica en Ω/km .

ω pulsación.

L_k inductancia kilométrica.

f frecuencia de la onda sinusoidal, en este caso 50 Hz.

La inductancia kilométrica en una línea aérea de M.T. se calcula:

$$L_k = \left\{ \left[\mu / (2 \times n) \right] + \left[2 \times \ln(D / r) \right] \right\} \times 10^{-4} \quad [\text{H/km}]$$

siendo:

μ Permeabilidad que para cables de Al y Cu el valor será 1.

N Número de conductores por fase, en este caso también 1.

D Distancia Media Geométrica (D.M.G.), en metros.

R Radio Medio Geométrico (R.M.G.), en metros.

La Distancia Media Geométrica hace referencia a la distancia entre las fases, en este caso en una línea aérea. Se considera como distancia entre fases R-S y S-T 1 m, con lo cual se calcula:

$$\text{DMG} = (\text{DR-S} \times \text{DS-T} \times \text{DT-R})^{1/3} = (1 \times 1 \times 2)^{1/3} = 1.26 \text{ m}$$

Al tratarse de un conductor por fase, el Radio Medio Geométrico coincide con el radio del cable, pero debido a que estos tipos de cables están formados por alambres de Al y Ac y no forman una circunferencia perfecta, se corrige este radio con un factor 0.95. El valor de la sección se encuentra en la tabla anterior.

$$S = \pi \times r^2 \rightarrow r = \sqrt{(S / \pi)} = \sqrt{(31.1 / \pi)} = 3.1463 \text{ mm} \rightarrow r \text{ (corregido)} = 2.9889 \text{ mm}$$

Si se sustituyen estos valores en la ecuación de la inductancia kilométrica queda $L_k = 1.2587 \times 10^{-3} \text{ H/km}$.

La distancia entre el punto de enganche de la red de M.T. y el centro de transformación es de 1.16 km.

El valor de la resistencia de esta línea aérea es de (R' sacado de la tabla) y el de la reactancia, eso si referidos a M.T. son:

$$R_{L.A.} = R' \times L = 1.0749 \times 2.38 = 2.555 \Omega.$$

$$X_{L.A.} = 2 \times \pi \times 50 \times (1.2587 \times 10^{-3}) \times 2.38 = 0.9323 \Omega.$$

Si se referencia a B.T.:

$$R_{L.A. B.T.} = R_{L.A. M.T.} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 2.555 / (15000 / 400)^2 = 1.82 \times 10^{-3} \Omega.$$

$$X_{L.A. B.T.} = X_{L.A. M.T.} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 0.9323 / (15000 / 400)^2 = 6.63 \times 10^{-4} \Omega.$$

IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

La impedancia de cortocircuito de un transformador de dos arrollamientos $Z_T = R_T + jX_T$ vista desde el secundario se calcula según:

$$Z_T = (U_{cc} \times U_T^2) / S_N = (6 / 100) \times [420^2 / 400000] = 0.02646 \Omega$$

Donde:

U_T Tensión de línea en el secundario con el transformador en vacío, y cuando en el primario aplicamos la tensión nominal U_N del transformador. Viene indicado en el catálogo del fabricante.

S_N La potencia aparente del transformador, en VA.

$u_{cc} = U_{cc} / U_N \rightarrow$ u_{cc} se calcula como la tensión aplicada en el primario tal que, cuando el secundario está en cortocircuito, la intensidad del secundario es la nominal. Se divide por U_N para expresarlo en tanto por uno respecto de la tensión nominal. Viene también en el catálogo.

Se puede hallar la resistencia R_T a partir de las pérdidas por efecto Joule (P_T):

$$R_T = P_T / (3 \times I_N^2) = 4800 / (3 \times 577.35^2) = 4.8 \times 10^{-3} \Omega$$

Teniendo en cuenta que:

P_T Potencia perdida a plena carga del transformador, en watios (W).

I_N Corriente nominal por el secundario del transformador, en amperios (A).

Sabiendo esto, la reactancia del transformador sería:

$$X_T = \sqrt{(Z_T^2 - R_T^2)} = 0.02602 \Omega$$

IMPEDANCIA DE LOS CABLES DE BAJA TENSIÓN

La impedancia de estas líneas se calcula como $Z_L = R_L + jX_L$, donde la resistencia R_L y la reactancia X_L se determinan a partir de la resistencia por unidad de longitud R'_L y la reactancia por unidad de longitud X'_L . Señalar que la conductividad en este caso se toma como referencia a la temperatura del conductor a 20 °C (56 m/Ωmm²); y para la X'_L su valor depende de la forma en que se agrupen los cables y de su sección. Los valores finalmente usados son:

Sección (mm ²)	6	10	70	400
Reactancia X'_L (mΩ/m)	0.119	0.114	0.084	0.075

IMPEDANCIA DE LOS MOTORES

En los motores asíncronos, cuando se produce un cortocircuito tripular, el campo magnético no desaparece bruscamente al anularse la tensión de red, contribuyendo a la corriente de cortocircuito durante un intervalo de tiempo corto. En este caso solo se han considerado los motores-

bomba y el motor-elevación del puente grúa. El resto de los motores no se han considerado debido a su escasa potencia. Recordar que hay instalados 4 motores-bomba.

$$X_{M.BOMBA} = (e / 100) \times (U^2_N / P_N) = (23 / 100) \times (400^2 / 55000) = 0.6691 \, \Omega$$

$$X_{M. GRUA} = (e / 100) \times (U^2_N / P_N) = (25 / 100) \times (400^2 / 7500) = 5.3333 \, \Omega$$

Siendo:

e valor de la impedancia expresado en %. Suele rondar entre el 20 y el 25%.

P_N potencia nominal de motor, en watos (W).

El valor de la resistencia R es del orden de 0.2 x X, lo que da:

$$R_{M.BOMBA} \rightarrow 0.2 \times X_{M.BOMBA} = 0.2 \times 0.6691 = 0.134 \, \Omega$$

$$R_{M. GRUA} \rightarrow 0.2 \times X_{M.GRUA} = 0.2 \times 5.3333 = 1.066 \, \Omega$$

RESULTADO DE LA IMPEDANCIA TOTAL Y CÁLCULO DE LA I_{cc} Y DE LA I_p

El cálculo de la impedancia total consiste en ir asociando las diferentes impedancias en serie o en paralelo según corresponda hasta dar como resultado una única impedancia, que será precisamente la impedancia equivalente vista desde el punto de cálculo, es decir, el punto en el que se instalará la protección ante cortocircuitos.

Las fórmulas usadas para calcular esta impedancia equivalente han sido las siguientes:

- Asociación en serie.

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

- Asociación en paralelo.

$$1 / Z_t = 1 / Z_1 + 1 / Z_2 + \dots + 1 / Z_n$$

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_{cc} = \sqrt{(R^2_{cc} + X^2_{cc})}$$

Una vez ya se tiene esto, ya se puede calcular la intensidad de cortocircuito (I_{cc}):

$$I''_{cc} = (c \times U_N) / [(\sqrt{3}) \times Z_{cc}]$$

Donde:

I''_{cc} Intensidad de cortocircuito simétrica inicial, en valor eficaz, también llamada corriente alterna inicial de cortocircuito. La forma que se ha empleado para este anexo ha sido el cálculo de un cortocircuito trifásico simétrico, el caso más desfavorable de todos.

c Factor de tensión usado para los cálculos en baja tensión según UNE 21-240-94. Debe ser considerado al despreciar las capacidades de la línea y resume el efecto de la variación de tensión en el tiempo y de excitación en las máquinas.

U_N / $\sqrt{3}$ Es la tensión de fase, en valor eficaz.

Z_{cc} Impedancia de cortocircuito resultado de la asociación de todas las impedancias aguas arriba del punto de defecto o de cálculo.

Hay que tener en cuenta que I''_{cc} va a quedar como un número complejo, con módulo y argumento. El valor a fijarse para saber el poder de corte del interruptor que necesitamos va a ser evidentemente el módulo. Señalar que tanto la red de M.T. como los motores antes señalados en el apartado anterior, a la hora de dibujar el circuito equivalente, se consideraran como fuente de tensión de fase siendo referencia de fase.

El módulo y el argumento en la Z_{cc} habrá que llevarlo hasta el final. Cuando se vaya a calcular la I''_{cc} en puntos considerados eléctricamente iguales, se calculará para el caso más desfavorable siendo ese valor el de referencia para ese punto.

Para terminar ya solo faltaría por calcular la corriente de cortocircuito de choque (I_p):

$$I_p = k \times \sqrt{2} \times I''_{cc}$$

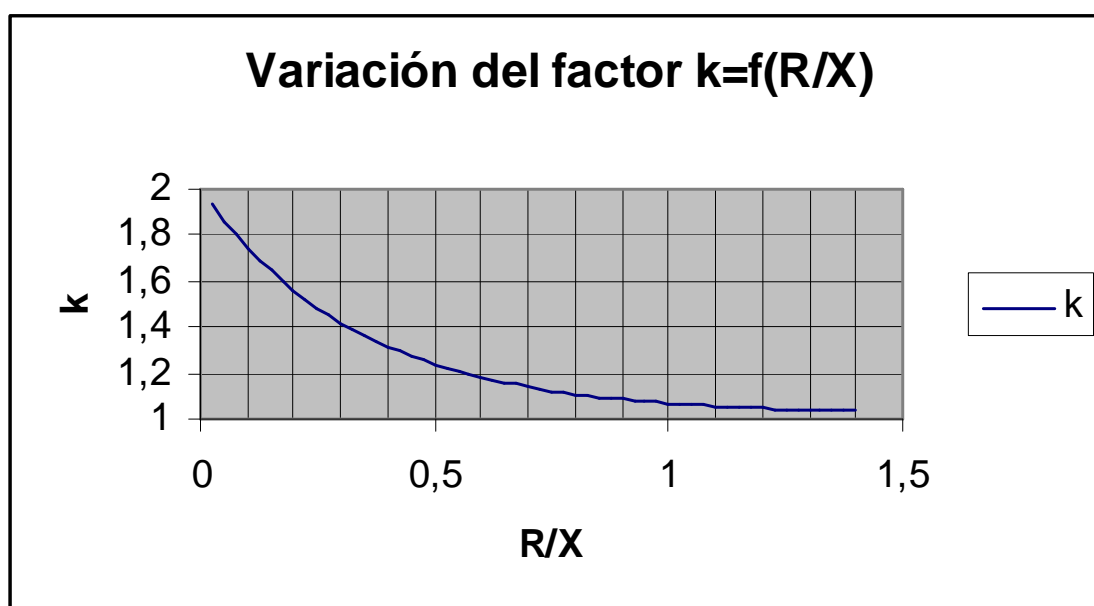
Siendo:

k Factor función del cociente R / X , es decir, en este caso R_{cc} / X_{cc} . Hay 2 formas de calcularlo:

- Gráficamente mediante la gráfica de abajo "Variación del factor $k=f(R/X)$
- Analíticamente mediante la expresión $k = 1.02 + 0.98 \times e^{-[(3 \times R) / X]}$

I_p Es la amplitud o valor de cresta de la corriente de cortocircuito I''_{cc} .

Este valor nos sirve para saber los esfuerzos electrodinámicos que va a tener que aguantar el elemento de protección.



3.2.4.3 Previsión de cargas

A continuación se va a exponer el resumen del cálculo de toda la instalación eléctrica de baja tensión que comprende el centro de transformación 2 (C.T.-2) y la estación de rebombeo de la balsa general.

Toda esta instalación eléctrica viene distribuida en 5 cuadros de mando y distribución:

- Cuadro de Baja Tensión (C.B.T.): situado en el C.T.-2 justo a la salida del transformador, en el que encontramos 6 salidas (4 reservadas para los respectivos equipos de bombeo, 1 para alimentación general de tomas de corriente, alumbrado y puente grúa, y la última que se deja para reserva).
- Cuadro General de Mando y Protección del C.T.-2 (C.C.T.): donde se dirige precisamente la salida anterior para alimentación general. Alimenta los circuitos de alumbrado y el circuito de tomas del C.T.-2. Este cuadro se encuentra conectado con el Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo.
- Cuadro General de los equipos de bombeo (C4): de donde se alimenta, se protegen y además se pueden controlar los equipos de bombeo.
- Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo (C.E.R.): de donde se alimenta toda la iluminación y tomas de corriente de dicha estación, además de la alimentación del puente grúa.
- Cuadro de Mando y Protección del puente grúa (C6): del que además se puede controlar dicho puente.

Primero se exponen 2 cuadros resumen de las potencias de cálculo (no correspondientes en muchas ocasiones con las potencias nominales instaladas) utilizadas en los diferentes circuitos. Seguidamente se expresan separados por los diferentes cuadros eléctricos instalados los resultados obtenidos en cada línea tanto en parámetros eléctricos como en cortocircuito.

3.2.4.3.1 Salida alimentación receptores genéricos

Señalar que para calcular la sección de esta salida para alimentación de los receptores genéricos sobre la potencia calculada se ha aplicado un coeficiente de simultaneidad de 0.6.

RESUMEN DE POTENCIAS DE CÁLCULO

Designación	Localización	P. activa (W)	Cosφ (°)	P. reactiva (VAr)
Alumb. del C.T. (I1)	C.T.-2	129.6	0.5	224.47
Alumb. Emerg. C.T. (I2)	C.T.-2	39.6	0.5	68.58
T. de corriente C.T. (LF1)	C.T.-2	3450	1	0
Alumb. Bombas 1 (I3)	Est. Rebombeo	972	0.5	1683.55
Alumb. Bombas 2 (I4)	Est. Rebombeo	777.6	0.5	1346.84
Alumb. Emerg. 1 (I5)	Est. Rebombeo	118.8	0.5	205.77
Alumb. Emerg. 2 (I6)	Est. Rebombeo	158.4	0.5	274.36
T. de corriente (LF2)	Est. Rebombeo	3450	1	0
T. de corriente (LF3)	Est. Rebombeo	3450	1	0
T. corriente trifásica (LF4)	Est. Rebombeo	10000	1	0
Sist. de control (C5)	Est. Rebombeo	1000	0.5	1732.05
2 líneas Motores Desp. Carro	Est. Rebombeo	1104.47	0.71	1095.44
1 línea Motor Elevación	Est. Rebombeo	14508.93	0.84	9368.27
2 líneas Motores Desp. Puert	Est. Rebombeo	2173.9	0.75	1917.2
	TOTAL	41333.3	TOTAL	17916.53

3.2.4.3.2 Salida alimentación equipos de bombeo

Señalar que en esta estación de rebombeo nos encontramos con 4 equipos de bombeo, 3 preparados para satisfacer las necesidades hídricas de los regantes y el otro un equipo auxiliar preparado para actuar en caso de avería o emergencia mayor. También decir que al igual que ocurre en la Estación de Rebombeo General, la automatización de los equipos de bombeo impide el funcionamiento simultáneo de los motores de las válvulas junto con el motor de la bomba y el del ventilador. Aquí se ha tenido en cuenta, aunque esta circunstancia se puede despreciar perfectamente viendo la diferencia de tamaño entre los motores.

RESUMEN DE LA POTENCIA DE CÁLCULO DE UN EQUIPO DE BOMBEO

Designación	PN Motor	$\eta_{\text{Motor}} (\%)$	P. activa (W)	Cos ϕ (°)	P. reactiva (VAr)
Motor bomba	55 kW	94.4	72828.38	0.85	45134.98
Válvula de admisión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Válvula de impulsión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Ventilador bomba	1.5 kW	75	2000	0.76	1710.32
Condensador trifásico	-	-	-	0	-15000
TOTAL...	58 kW	TOTAL...	77002.3	TOTAL...	33762.52

Cuadro de Baja Tensión

Una vez que se han desglosado los diferentes circuitos con sus potencias correspondientes, ya se está en disposición de calcular el interruptor automático general cabecera de este Cuadro de Baja Tensión y también se va a citar en este apartado la potencia aparente necesaria del transformador que también se situará en el Centro de Transformación.

Si se tiene en cuenta la apreciación indicada en las salidas “Alimentación Equipos de Bombeo” referente al sistema de automatización y sabiendo que hay que contar con la salida “Alimentación a los Receptores Genéricos” se obtiene la siguiente relación de potencias:

$$\begin{aligned}
 4 \text{ equipos de bombeo} \rightarrow & \quad P_{\text{activa}} = 4 \times 74828.28 \text{ W} = 299313.52 \text{ W} \approx 299.3 \text{ kW} \\
 & \quad P_{\text{reactiva}} = 4 \times 31845.3 \text{ VAr} = 127381.2 \text{ VAr} \approx 127.4 \text{ kVAr} \\
 \text{Alim. Recep. Genéricos} \rightarrow & \quad P_{\text{activa}} = 24800 \text{ W} \approx 24.8 \text{ kW} \\
 & \quad P_{\text{reactiva}} = 10749.92 \text{ VAr} \approx 10.75 \text{ kVAr}
 \end{aligned}$$

Con lo que se puede decir que las necesidades de suministro son:

$$P_{\text{activa total}} = 299.3 + 24.8 = 324.1 \text{ kW}$$

$$P_{\text{reactiva total}} = 127.4 + 10.75 = 138.15 \text{ kVAr}$$

Si se calcula la potencia aparente para saber el transformador a elegir tendremos:

$$S_{\text{aparente total}} = \sqrt{[(324.1)^2 + (138.15)^2]} = 352.31 \text{ kVA}$$

Viendo este resultado y teniendo en cuenta que este resultado sale contando con la reducción que aportan los condensadores trifásicos, lo más razonable es acudir a un transformador de 400 kVA.

En cuanto al calibre del interruptor automático:

$$I_{\text{necesaria}} = (128.58 \times 4) + 39.52 = 553.83 \text{ A} \rightarrow \text{Calibre 630 A}$$

3.2.4.3.3 Tablas de resultados

Cuadro General de Mando y Protección del C.T.-2

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔU_p (%)	ΔU_t (%)	Dim Zanja tub (mm)
A.Rec.	24800	3.5	4x50mm ² Cu	39.52	117	0.02	0.02	40x20
Ag.CT	3619.2	0.3	2x2.5mm ² Cu	15.89	22	0.03	0.05	-
I2	39.6	3	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.34	15	0.002	0.06	7x12
LF1	3450	5.3	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	0.16	0.22	7x12
I1	129.6	2.5	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	1.12	15	0.03	0.08	7x12
Es.Reb	22628.5	9.2	4x6mm ² Cu	36.33	72	0.49	0.52	-

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
A.Rec.	3.5	4x50mm ² Cu	0.0165 \angle 76.6°	15050	100	31838	Fus.gG, IN:100A
Ag.CT	0.3	2x2.5mm ² Cu	0.0189 \angle 76.5°	12876	-	27240	-
I2	3	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0189 \angle 76.5°	12876	50	27240	I.Mag IN:10A, C
LF1	5.3	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0189 \angle 76.5°	12876	50	27240	I.Mag IN:16A, C
I1	2.5	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0189 \angle 76.5°	12876	50	27240	I.Mag IN:10A, C
Es.Reb	9.2	4x6mm ² Cu	0.0189 \angle 76.5°	12876	25	27240	I.Mag IN:40A, C

Nota sobre las abreviaturas:

- A.Rec.: Alimentación Receptores Genéricos
- Ag.CT: Agrupación Cuadro C.T.
- Es.Reb: Estación de rebombeo

Cuadro de Mando y Protección de la est. de rebombeo

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔU_p (%)	ΔU_t (%)	Dim Zanja tub (mm)
Ag.Alu	2221.2	0.3	4x2.5mm ² Cu	6.41	21	0.005	0.52	-
I3	972	26.5	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	10.14	21	0.97	1.49	Ø25
I4	777.6	33	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	6.76	15	1.35	1.87	Ø25
I5	118.8	15	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	1.03	15	0.09	0.61	Ø16
I6	158.4	12.5	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	1.38	15	0.1	0.62	Ø16
Ag.TM	7900	0.3	4x2.5mm ² Cu	11.75	21	0.01	0.52	-
LF2	3450	21.2	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	2.3	2.83	Ø25
LF3	3450	12.8	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	1.39	1.92	Ø25
S.Cont	1000	8.6	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	8.69	21	0.45	0.98	Ø16
LF4	10000	12.5	3x4+TTx4mm ² Cu	14.43	24	0.41	0.92	Ø25
P.Grúa	17787.29	14	3x10mm ² Cu	31.27	44	0.32	0.84	Ø25

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
Ag.Alu	0.3	4x1.5mm ² Cu	0.0501 \angle 28.45°	4840	-	7008	-
I3	26.5	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0501 \angle 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:16A, C
I4	33	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0501 \angle 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:10A, C

I5	15	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:6A, C
I6	12.5	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:6A, C
Ag.TM	0.3	4x2.5mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	-	7008	-
LF2	21.2	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:16A, C
LF3	12.8	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:16A, C
S.Cont	8.6	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	25	7008	I.Mag IN:10A, Z
LF4	12.5	3x4+TTx4mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:20A, C
P.Grúa	14	3x10mm ² Cu	0.0501 L 28.45°	4840	10	7008	I.Mag IN:40A, C

Nota sobre las abreviaturas:

- Ag.Alu: Agrupación Alumbrado

- Ag.TM: Agrupación Tomas Monofásicas

- S.Cont: Sistema de control

- P.Grúa: Puente Grúa

Cuadro de Mando y Protección del puente grúa

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔUp (%)	ΔUt (%)	Dim Zanja tub (mm)
Ag.PG	17787.29	0.3	3x10mm ² Cu	31.27	44	0.01	0.85	-
MDP1	1358.69	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	22	0.19	1.03	-
MDP2	1358.69	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	22	0.19	1.03	-
M.Elev	14508.93	27	3x6+TTx6mm ² Cu	24.93	37	1.28	1.69	-
MDC1	690.3	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	1.4	22	0.1	0.93	-
MDC2	690.3	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	1.4	22	0.1	0.93	-

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
Ag.PG	0.3	3x10mm ² Cu	0.0985 L 18.21°	2462	6	3551	I.Mag IN:32A
MDP1	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0985 L 18.21°	2462	100	3551	Disyunt IN:6.3A
MDP2	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0985 L 18.21°	2462	100	3551	Disyunt IN:6.3A
M.Elev	27	3x6+TTx6mm ² Cu	0.0985 L 18.21°	2462	15	3551	Disyunt IN:25A
MDC1	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0985 L 18.21°	2462	100	3551	Disyunt IN:4A
MDC2	27	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0985 L 18.21°	2462	100	3551	Disyunt IN:4A

Nota sobre las abreviaturas:

- Ag.PG: Agrupación Puente Grúa

- MDP1: Motor Desplazamiento Puente 1

- MDP2: Motor Desplazamiento Puente 2

- M.Elev: Motor Elevación

- MDC1: Motor Desplazamiento Carro 1

- MDC2: Motor Desplazamiento Carro 2

Cuadro General de los equipos de bombeo

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔUp (%)	ΔUt (%)	Dim Zanja tub (mm)
A.E.Bo	101734	8.6	3x400mm ² Cu	156.8	557	0.05	0.05	-
M.Bo.1	72828	6.4	3x70+TTx35mm ² Cu	123.7	196.6	0.09	0.14	700x400
V.Ad.1	1358.7	9.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.07	0.11	Ø32
V.Im.1	1358.7	21.4	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.15	0.2	Ø32

V.Bo.1	2500	6.7	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	12.9	0.08	0.13	Ø32
C.Tri.1	25500	9	3x10+TTx10mm ² Cu	36.81	44	0	0.05	Ø32
M.Bo.2	72828	9.3	3x70+TTx35mm ² Cu	123.7	196.6	0.11	0.16	700x400
V.Ad.2	1358.7	12.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.09	0.13	Ø32
V.Im.2	1358.7	24.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.17	0.22	Ø32
V.Bo.2	2500	9.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	12.9	0.12	0.17	Ø32
C.Tri.2	25500	10	3x10+TTx10mm ² Cu	36.81	44	0	0.04	Ø32
M.Bo.3	72828	12.2	3x70+TTx35mm ² Cu	123.7	196.6	0.18	0.23	700x400
V.Ad.3	1358.7	15.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.11	0.15	Ø32
V.Im.3	1358.7	27.2	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.19	0.24	Ø32
V.Bo.3	2500	12.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	12.9	0.16	0.21	Ø32
C.Tri.3	25500	11	3x10+TTx10mm ² Cu	36.81	44	0	0.04	Ø32
M.Bo.4	72828	15	3x70+TTx35mm ² Cu	123.7	196.6	0.5	0.55	700x400
V.Ad.4	1358.7	18.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.13	0.18	Ø32
V.Im.4	1358.7	30.1	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.21	0.26	Ø32
V.Bo.4	2500	15.1	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	4.74	12.9	0.2	0.24	Ø32
C.Tri.4	25500	12	3x10+TTx10mm ² Cu	36.81	44	0	0.04	Ø32

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
A.E.Bo	8.6	3x400mm ² Cu	0.0165 L 76.6°	13550	100	29838	Fus.aM, IN:500A
M.Bo.1	6.4	3x95+TTx50mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	50	22996	Disyunt IN:150A
V.Ad.1	9.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Im.1	21.4	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Bo.1	6.7	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.1	9	3x16+TTx16mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	36	22996	I.Aut Ireg:32A
M.Bo.2	9.3	3x95+TTx50mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	50	22996	Disyunt IN:150A
V.Ad.2	12.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Im.2	24.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Bo.2	9.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.2	10	3x16+TTx16mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	36	22996	I.Aut Ireg:32A
M.Bo.3	12.2	3x95+TTx50mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	50	22996	Disyunt IN:150A
V.Ad.3	15.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Im.3	27.2	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Bo.3	12.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.3	11	3x16+TTx16mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	36	22996	I.Aut Ireg:32A
M.Bo.4	15	3x95+TTx50mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	50	22996	Disyunt IN:150A
V.Ad.4	18.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Im.4	30.1	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Disyunt IN:4A
V.Bo.4	15.1	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	100	22996	Guard. 4÷6.3 A
C.Tri.4	12	3x16+TTx16mm ² Cu	0.0205 L 76.4°	10329	36	22996	I.Aut Ireg:32A

Nota sobre las abreviaturas:

- A.E.Bo: Alimentación Equipo de Bombeo
- M.Bo.: Motor bomba
- V.Ad.: Válvula admisión
- V.Im.: Válvula impulsión
- V.Bo.: Ventilador bomba
- C.Tri.: Condensador trifásico

3.2.4.4 Cálculo de tierras

La norma UNE 20460 presenta una clasificación detallada de los diferentes locales, en función de múltiples parámetros, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de utilización.

Según el tipo de local, se definen tres valores de tensión de seguridad que no deben rebasarse (12 V para los locales mojados, 25 V para los locales húmedos y 50 V para los locales secos). Estas tensiones, consideradas como no peligrosas, provocan la circulación por el organismo humano de una corriente inferior a 30 mA. En el caso que nos atañe, se ha considerado que esta "Estación de Rebombeo General" pertenece al grupo de local mojado.

Como protección contra contactos indirectos se usan interruptores diferenciales, medida habitual cuando se trata como en este caso de una distribución de tipo TT.

Todas las masas de los aparatos protegidos por el diferencial tienen que estar conectadas a la misma toma de tierra y la elección de la sensibilidad del interruptor diferencial debe cumplir la relación:

$$R_A \leq V/I_{\Delta N}$$

Donde:

$I_{\Delta N}$: Sensibilidad del interruptor diferencial (A).

R_A : Resistencia de puesta a tierra de las masas (Ω).

V : Tensión de seguridad (V).

En la instalación de baja tensión, el caso más desfavorable se observa para los equipos de bombeo en donde la sensibilidad de los aparatos protegidos por un diferencial como los motores es de 300 mA, por tanto en la fórmula anterior quedaría:

$$R_A \leq 12/0.3 = 40 \Omega$$

Viendo la tabla 14.3 de la ITC-BT-18 y observando las características del terreno en el cual se va a asentar la estación de rebombeo, se ha considerado que la naturaleza del terreno puede englobarse dentro del grupo de calizas blandas y por tanto se ha establecido una resistividad de 200 Ωm .

La idea es hacer un rectángulo de igual dimensión que la base de la Estación de Rebombeo colocando en cada esquina una pica vertical y aprovechar el perímetro para colocar conductor enterrado horizontalmente. La fórmula que se va a usar para calcular la resistencia de puesta a tierra es:

$$R_A = \rho \times \{0.12 + 0.159 \times [1/D + 1/D' + 1/\sqrt{(D^2 + D'^2)}]\}$$

En donde:

ρ Resistividad del terreno en Ωm .

D y D' Son los lados del rectángulo en m.

Esta fórmula solo se puede usar para picas de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro y los lados del rectángulo son 15.1 y 16.5 m.

Al sustituir los valores queda:

$$R_A = 29.45 \, \Omega \leq 40 \, \Omega \rightarrow \text{Cumple con la condición impuesta}$$

Según la ITC-BT-18, para asegurar la independencia para la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No exista canalización metálica conductora (canalizaciones de agua, gas, ...) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
- Cuando el terreno sea muy mal conductor (resistividad $>100 \, \Omega \times m$), la distancia mínima se calculará aplicando la fórmula:

$$D = \rho I_d / 2\pi U$$

Siendo:

- | | |
|-------|--|
| D | Distancia entre electrodos, en metros. |
| P | Resistividad media del terreno en $\Omega \times m$. |
| I_d | Intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica. |
| U | 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menos o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. |

Para este caso, la I_d proporcionada por la empresa suministradora ENDESA-ERZ es de 5 A, por tanto:

$$D = (200 \times 5) / (2\pi \times 1200) = 0.13 \, m \rightarrow \text{Prácticamente despreciable}$$

- El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

En este caso se puede observar como se cumplen todos estos requisitos, por lo que la instalación de esta toma de tierra sería la adecuada. Señalar que la compañía suministradora, en este caso E.R.Z. recomienda que la distancia entre la tierra de protección del abonado, es decir, de la instalación de Baja Tensión y cualquiera de las tierras del centro de transformación debe ser de al menos 20 m para así garantizar su independencia.

Los conductores de protección se han calculado adecuadamente y según la tabla 18.2 de la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo señalar también que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

3.3 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9

3.3.1 POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO

El suministro de energía eléctrica a la Estación de Rebombear se realizará por medio de un Centro de Transformación propio de intemperie, ubicado al lado de la Estación. Dicho Centro de Transformación se ha descrito en el apartado 2.3 de la presente memoria. La tensión nominal de suministro será una tensión trifásica entre fases de 15000 voltios. La frecuencia de la señal será de 50 Hz.

La potencia instalada vendrá dada por la suma de las potencias nominales de los diferentes motores o receptores. Para calcular la potencia necesaria a aportar por parte del transformador se aplicará un coeficiente de simultaneidad de utilización que, según el régimen previsto de funcionamiento de la instalación minorará la potencia instalada.

A continuación se relacionan los consumidores a instalar y las potencias previstas en el Cuadro de Baja Tensión:

MOTOR O RECEPTOR	P. inst (kW)
Motor bomba 1	75
Motor válvula de admisión 1	0.75
Motor válvula de impulsión 1	0.75
Motor ventilador bomba 1	1.1
Condensador trifásico 1	- (20 kVAr)
Motor bomba 2	75
Motor válvula de admisión 2	0.75
Motor válvula de impulsión 2	0.75
Motor ventilador bomba 2	1.1
Condensador trifásico 2	- (20 kVAr)
Motor bomba 3	15
Motor válvula de admisión 3	0.75
Motor válvula de impulsión 3	0.75
Condensador trifásico 3	- (5 kVAr)
Emergencias Estación de Rebombear	0.132
Alumb. máquinas parte izda y sala de control	0.432
Alumbrado máquinas parte drcha	0.360
T. de corriente 1 sala de máquinas	3.45
T. de corriente 2 sala de máquinas	3.45
T. de corriente trifásicas	10
TOTAL	189.52

La suma total de las potencias instaladas asciende a: **189.52 kW**.

Cabe señalar que tal y como se justificará en el apartado 4.3.4, los equipos de bombeo necesarios son 2 motores-bombas de 75 kW para los hidrantes que van del nº 37 al 43 y un motor-bomba de 15 kW para el hidrante número 36. También decir que para este caso no se ha considerado que fuese necesario la previsión de las instalaciones para una posible ampliación futura ya que esta estación de rebombear se ha construido con la finalidad de alimentar unos pocos hidrantes que debido a unas pequeñas cotas montañosas de no demasiada altura pero si de longitud que se encontraban en el trazado y que no se podían sortear, no podía llegar el suministro hídrico. Una vez superaras estas montañas, se encuentra el valle "Lo sol de les Planetes" en el cual va disminuyendo la cota geográfica, por lo que tan solo con la energía potencial se podrían regar más superficies, si es que los propietarios de estos terrenos estuviesen interesados.

También destacar que en esta Estación de Rebombeo no va a haber un sistema de control externo como en las otras estaciones, sino que debido al escaso nº de hidrantes a los que tiene que alimentar se ha decidido colocar un interruptor horario programable que se situará en los esquemas de mando de los diferentes equipos y que va a ser el encargado de conectar los motores bomba. Los equipos estarán conectados el tiempo que se estime en el temporizador. Transcurrido ese tiempo, las bombas dejarán de funcionar. Aunque todo lo referente a la automatización de los equipos de bombeo será mejor explicada en el apartado 3.3.3.7. Decir también que el esquema unifilar de toda la instalación de B.T. de la Estación de Rebombeo viene representada en el plano 4.3.3.

Teniendo en cuenta que las bombas pueden funcionar al mismo tiempo, no consideraremos ningún coeficiente de simultaneidad para los equipos de bombeo, salvo la apreciación que debido a la construcción de la automatización, tanto las válvulas de aspiración como las de impulsión nunca pueden funcionar a la vez que el motor bomba.

Para el resto de la instalación de Baja Tensión, es decir alumbrado, tomas monofásicas y trifásicas se va a considerar un coeficiente de simultaneidad de 0.5. No se ha considerado necesario la instalación de un puente grúa al tratarse de bombas más ligeras que en los casos anteriores, además de que en este caso los motores bomba se situarán sobre plataformas móviles gracias a ruedas metálicas. Se instalarán medidas de seguridad que fijen a la plataforma durante el funcionamiento de los motores bomba para evitar vibraciones.

3.3.2 TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN

La tensión de suministro desde el transformador será trifásica en baja tensión a 400 V entre fases, en corriente alterna (50 Hz), y 230 V entre fase y neutro. Dichos valores de tensión deberán de ser garantizados con la instalación en carga.

3.3.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.3.3.1 Instalación de enlace

En este apartado se hace referencia a la acometida de los cables de entrada a la Estación de Rebombeo.

La acometida desde el Cuadro de Baja Tensión situado en el poste del Centro de Transformación de intemperie hasta el Cuadro General de los equipos de bombeo situado en la Estación de Rebombeo (previo paso por el Cuadro de Contadores) se realizará a base de conductores unipolares de aislamiento interior de polietileno reticulado y cubierta exterior de PVC, tipo RV-K 0.6/1 kV de sección 400 mm², con conductor neutro de 230 mm², es decir 3x400/230 mm² Cu RV-K 0.6/1 kV, tendida por canalización subterránea, y de sección suficiente tal y como se demuestra en el apartado 3.3.4.3.3 de la presente memoria. Los conductores se conectarán por medio de terminales de conexión del mismo material conductor. El apriete de los mismos se realizará por punzonado con la herramienta correspondiente.

Dicha canalización subterránea consistirá en una zanja de 80 cm de profundidad por 60 cm de anchura. Los cables se colocarán directamente enterrados al suelo, realizando una triangulación por ternas. En el fondo se dispondrá de un lecho de arena cribada de unos 10 cm de espesor, sobre la cuál se depositarán los cables. Se cubrirán los cables con otra capa de arena de 30 cm de espesor. Se dispondrá de una placa de PVC (recomendación de ERZ) como medida de protección mecánica. Encima de la placa existirá otra capa de tierra, sin piedras ni cascotes, de unos 20 cm. Se dispondrá de una cinta de PVC con la señalización de advertencia. Finalmente se cubrirá el esto de la zanja con la tierra natural compactada.

La tensión nominal de suministro será de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro.

3.3.3.2 Cuadro de mando y protección, descripción de los equipos

Los cuadros de mando y protección que habrá en la instalación de B.T. son:

- Cuadro de Baja Tensión: situado en el Centro de Transformación de intemperie, en el poste, a una altura mínima del suelo de 3 m. El cuadro de B.T. tipo intemperie será el

modelo CBTE 400-3 según norma de la compañía suministradora Endesa ERZ 901581.

- Cuadro General de los equipos de bombeo: protege el conjunto de aparatos de bombeo además de poder controlarlos manualmente gracias al sistema de automatización instalado. Los esquemas de potencia y de mando, así como sus conexiones interiores pueden verse en los planos 4.3.4 y 4.3.5 y en sus hojas respectivas.
- Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo: protege los circuitos de alimentación y tomas de corriente. Es un subcuadro del Cuadro General de los equipos de bombeo.

Los cuadros en su conjunto, embarrado, aparamenta, etc..., se diseñarán de acuerdo con los valores de la intensidad nominal, tensión e intensidad de cortocircuito.

El cuadro de los equipos de bombeo estará constituido en chapa de acero de al menos 2 mm de espesor, con los perfiles de refuerzo necesarios. Será de acceso frontal mediante puertas y tendrá una protección mínima IP-55, pues es posible la presencia de polvo y humedad por las características de la instalación y el emplazamiento del lugar.

Este cuadro estará dividido en 4 partes iguales, una de las cuales se dejará libre para futuras ampliación. En cada una de estas partes o módulos irán montados sobre bastidores o placas de montaje el conjunto de elementos constituyente en cada equipo de bombeo.

La construcción estará prevista para montaje contra la pared. Para ello, todos los aparatos y accesorios serán accesibles y desmontables desde el frente.

Cada aparato llevará una etiqueta con su nombre según la nomenclatura descrita en los esquemas de potencia y mando.

Las puertas irán conectadas a masa por medio de latiguillos flexibles de 16 mm² de sección mínima. Cada módulo dispondrá de una manivela de cierre.

En cuanto a los demás cuadros, la altura a la que se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. Se situarán fuera de los locales mojados, y si ésto no fuera posible, se protegerán contra las proyecciones de agua, grado de protección IPX4. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

En los siguientes apartados se va a describir el contenido interior de los elementos debidamente conexiados, salvo el Cuadro de Baja Tensión cuyo contenido ya ha sido explicado en el apartado 2.3.3.5.

3.3.3.2.1 Cuadro General de los equipos de bombeo

Armario formado por una envolvente metálica de dimensiones 1500x2200x1000 mm, con placa de montaje, grado de protección IP-55, chapa galvanizada con revestimiento de resina epoxi RAL 7032. Tal y como se ha explicado anteriormente, el armario se va a dividir en 3 módulos iguales, 2 para uso de los equipos de bombeo de las bombas MEC-MR 100/3 con motor de 75 kW y la otra parte para el conjunto de la bomba PM80/8 C con motor de 15 kW. Por tanto, contando con todos los grupos, montados según esquemas eléctricos que se pueden observar en los planos 4.3.4 y 4.3.5, en este armario encontramos debidamente conectados los siguientes elementos:

- Un interruptor automático diferencial marca Merlin Gerin o similar modelo Vigicompact NS400 con bloque Vigi MB y bloque de relés electrónico STR23SE, 4 polos, poder de corte de 50 kA, como cabecera de todo este cuadro.

Instalaciones de Baja Tensión

- Dos interruptores automáticos diferenciales marca Merlin Gerin o similar modelo Vigicompact NS250 con bloque Vigi MB y bloque de relés TM200D, 3 polos, poder de corte 36 kA, como cabecera del conjunto de los equipos de bombeo 1 y 2.
- Un interruptor automático diferencial marca Merlin Gerin o similar modelo Vigicompact NS100N con bloque Vigi MB y bloque de relés TM63D, 3 polos, poder de corte 36 kA, como cabecera del conjunto de los equipos de bombeo 3.
- Dos disyuntores marca Telemecanique o similar modelo NS160HMA 150 A de 3 polos con unidad de regulación de disparo magnético MA comprendido entre 1350 y 2100 A, poder de corte 70 kA, para la protección magnética de la línea motor bomba 1 y 2.
- Un disyuntor marca Telemecanique o similar modelo GK3-EF40 de 3 polos con calibre de protección de 40 A, poder de corte 50 kA, para la protección magnética de la línea motor bomba 3.
- Dos contactores tripolares de 185 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-F185E7, categoría AC-3, dotados de contactos auxiliares LA1-DN22.
- Un contactor tripolar de 50 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D50E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-DN22.
- Dos relés térmicos tripolares marca Telemecanique o similar modelo LR9F5369 con regulación térmica comprendida entre 90 y 150 A para protección frente a sobrecargas en las líneas motor bomba 1 y 2.
- Un relé térmico tripolar marca Telemecanique o similar modelo LRD3355 con regulación térmica comprendida entre 30 y 40 A para protección frente a sobrecargas en la línea motor bomba 3.
- Dos arrancadores electrónicos suaves marca Siemens o similar modelo Sikostart 3RW22, en concreto el tipo 3RW2235-0DB15 para corrientes nominales del motor de 135 A.
- Seis disyuntores marca Telemecanique o similar modelo GV2-L07, 3 polos con calibre de protección magnética 2.5 A, poder de corte de 100 kA, para la protección frente a cortocircuitos de las 2 líneas de las válvulas de cada equipo de bombeo.
- Doce contactores tripolares de 6 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-K0610E7, categoría AC-3, dotado de contactos auxiliares LA1-KN02, para realizar las estructuras inversoras de cambio en el sentido de giro en las líneas de las válvulas.
- Seis relés térmicos tripolares marca Telemecanique o similar modelo LR2-K0308 con la zona de reglaje del relé comprendida entre 1.8 y 2.6 A, que protege ante sobrecargas a las líneas de las válvulas del equipo de bombeo.
- Dos guardamotors tripolares marca Telemecanique o similar modelo GV2-M con regulación térmica comprendida entre 2.5 y 4 A, poder de corte de 100 kA, para las líneas del ventilador de la bomba 1 y 2.
- Dos contactores tripolares de 9 A marca Telemecanique o similar modelo LC1-D0900E7, categoría AC-3, para conexión del motor del ventilador.
- Dos interruptores automáticos marca Merlin Gerin o similar modelo NG125N, 3 polos, calibre 50 A, poder de corte 25 kA, para protección de las líneas de los condensadores trifásicos 1 y 2.
- Un interruptor automático marca Merlin Gerin o similar modelo NG125N, 3 polos, calibre 16 A, poder de corte 25 kA, para protección de la línea del condensador trifásico 3.
- Dos contactores tripolares para control de condensadores trifásicos marca Telemecanique o similar modelo LC1-DLK11E7, categoría AC-3.
- Un contactor tripolar para control de condensadores trifásicos marca Telemecanique o similar modelo LC1-DFK11E7, categoría AC-3.

- Interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva “C” 4 polos de 25 A, poder de corte 10 kA, para protección de la salida al Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo.

Y ya para el circuito de mando de los diferentes equipos encontramos en cada uno de ellos:

- Dos relés electrónicos temporizados a la conexión marca Telemecanique o similar modelo RE7.
- Un interruptor anual programable digital anual multifunción marca Legrand o similar referencia 004770 alimentación a 48 V ~.
- Un contactor auxiliar marca Telemecanique o similar modelo CAD32E7 para circuito de mando.
- Pilotos de color verde y rojo de 48 V, además de pulsadores de la marca Bartec o similar para circuito de mando.

3.3.3.2 Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebombeo

Este cuadro estará formado por un cofret modular de superficie de material aislante autoextinguible con doble aislamiento, de dimensiones 200x280x94 (altoxanchoxfondo) de 1 fila con 12 módulos, resistencia al fuego IEC 60695-2-1, fondo y tapa frontal 650 °C/30 seg, IP-40, color del cofret blanco con puerta plena. Contiene los siguientes elementos:

- Interruptor magnetotérmico general marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva “C” 4 polos de 20 A, poder de corte 10 kA, para protección de la entrada al cuadro.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva “C” 3 polos de 20 A, poder de corte 10 kA, con bloque diferencial Vigi C60, 3 polos de 25 A, 30 mA, clase AC, para proteger la línea de tomas trifásicas.
- Un interruptor diferencial marca Merlin Gerin o similar modelo ID terciario de 4 polos 40 A, 30 mA, clase AC.
- Un interruptor magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva “C” 2 polos de 6 A, poder de corte 10 kA, para proteger la línea de alumbrado de emergencia.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva “C” 2 polos de 10 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de alumbrado.
- Dos interruptores magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar modelo C60H curva “C” 2 polos de 16 A, poder de corte 10 kA, para proteger las líneas de tomas de corriente monofásicas.

3.3.3.3 Instalaciones interiores

CONDUCTORES

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

EQUILIBRADO DE CARGAS

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

CONEXIONES

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Los terminales, empalmes y conexiones de las canalizaciones presentarán un grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4.

Las tomas de corriente y aparatos de mando y protección se situarán fuera de los locales mojados, y si ésto no fuera posible, se protegerán contra las proyecciones de agua, grado de protección IPX4. En este caso, sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

SISTEMAS DE INSTALACIÓN

Prescripciones generales

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4.

Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos

metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

3.3.3.4 Sistema de puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

El electrodo de puesta a tierra se define en el plano 4.3.6 y estará compuesto por un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección que unirá los electrodos tipo pica de 2 metros de longitud y de 19 mm de diámetro, según norma UNESA.

3.3.3.4.1 Bornes de puesta a tierra y conductores de protección

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

3.3.3.4.2 Resistencia de las tomas de tierra

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

Pero siendo más estrictos, la norma UNE 20460 presenta una clasificación detallada de los diferentes locales, en función de múltiples parámetros, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de utilización.

Según el tipo de local, se definen tres valores de tensión de seguridad que no deben rebasarse (12 V para los locales mojados, 25 V para los locales húmedos y 50 V para los locales secos). Estas tensiones, consideradas como no peligrosas, provocan la circulación por el organismo humano de una corriente inferior a 30 mA. En el caso que nos atañe, se ha considerado que la "Estación de Rebombeo General" pertenece al grupo de local mojado. Esta consideración se ha hecho en beneficio de la seguridad. El cálculo de la resistencia de la toma de tierra de esta estación de bombeo se encuentra en el apartado 3.3.4.4 de la presente Memoria.

3.3.3.4.3 Tomas de tierra independientes

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

3.3.3.4.4 Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ($<100 \text{ ohm} \cdot \text{m}$). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada. Precisamente esta distancia está calculada en el apartado 3.3.4.4 dentro de la parte del Anexo de cálculos.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \times R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

3.3.3.4.5 Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

3.3.3.5 Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra las proyecciones de agua "IPX4" y no serán de clase 0. No se admiten aparatos de alumbrado portátiles, excepto cuando se utilice como sistema de protección la separación de circuitos o el empleo de muy bajas tensiones de seguridad.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9. Señalar que en el presente anexo de cálculos se han realizado los cálculos en las líneas de alumbrado considerando un factor de potencia de 0,5, que sería el coeficiente real de una lámpara de descarga sin tener en cuenta el condensador que suelen llevar en su equipamiento, pero esto es en beneficio de la seguridad ya que las líneas de alumbrado realmente van menos sobrecargadas de lo calculado.

3.3.3.6 Receptores a motor

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

Más de 15 kW: 1,5

3.3.3.7 Automatización de los equipos de bombeo

Como bien se ha señalado en el apartado 3.3.1 de la presente memoria, en esta estación de rebombeo no se usa un automatismo o sistema de control como en las estaciones de rebombeo anteriores, sino que por reducir costes y viendo que en este caso no se trata de una cantidad de superficie a regar que obligue a un estricto control de parámetros como caudal, presión,...se ha decidido que era más conveniente la posibilidad de instalar un interruptor horario programable que cada cierto tiempo conectase los respectivos equipos de bombeo. La automatización, como se va a explicar a continuación, desconectará los equipos por sí sola, aunque también existe la posibilidad de un control manual por parte de un operario.

Señalar que esta estación de rebombeo dispone de una pequeña balsa de autoabastecimiento. Esta balsa se llena gracias a las electrobombas sumergibles situadas en la Captación. La localización de esta estación de rebombeo en la tubería TI-9 ya ha sido calculada teniendo en cuenta el caso de demanda más desfavorable posible, para que aún en estas circunstancias llegue presión suficiente para llenar esta balsa, tal y como se explica en el apartado 4.3.5.1 de los cálculos hidráulicos.

También destacar que en esta estación hay dos tipos de bombas con sus respectivas automatizaciones. Primero se va a explicar la automatización de las bombas MEG-MR 100/3 y seguidamente se explicará la de la bomba PM80/8 C. Los circuitos eléctricos de las 2 automatizaciones se pueden observar en los planos 4.3.4 y en sus 4 hojas.

En la automatización de las bombas MEG-MR 100/3, la transición de operaciones sería la siguiente:

1. Indicar que aunque no venga representado en el plano 4.3.4, en la hoja 2, el interruptor horario lo colocaríamos en paralelo con el pulsador SB11. Entonces habría la opción o bien que dicho interruptor, o bien el operador pulsando SB11 activen la automatización.
2. Entonces las válvulas motorizadas tanto de aspiración como de impulsión empiezan a abrirse. Este recorrido está controlado por los finales de carrera SQ21 y SQ31.
3. Al llegar al límite de la apretura de las válvulas, los finales de carrera SQ21 y SQ31 normalmente cerrados se abren y al abrirse activan el circuito de la temporización KT1.
4. Esta temporización tiene la misión de esperar unos cuantos segundos mientras la bomba se llena de agua. Esta agua vendría del retorno de la válvula de impulsión. Además sirve como seguridad para no activar el motor bomba hasta que las válvulas no se hallen completamente abiertas.
5. Transcurridos esos segundos, llega alimentación a la bobina del contactor auxiliar KA11. Entonces cambian sus contactos, en concreto el 73-74 activa el temporizador a la conexión KT2 que será el encargado de controlar el tiempo de conexión de la bomba; y el contacto 33-34 activa el contactor del motor de la bomba. Al conectarse este motor, también se conectan el condensador trifásico y el ventilador de la bomba.

6. Transcurrido el tiempo que se haya estimado oportuno que tiene que funcionar la bomba establecido en el temporizador KT2, los contactos de este cambian de posición, el contacto 25-26 abre el circuito y la bobina del contactor KM11 deja de estar alimentada, con lo que el motor de la bomba se desconecta. A la vez, los contactos 17-18 y 37-38 se cierran, conectan los motores de las válvulas y estas comienzan a cerrarse.
7. Al iniciarse este movimiento, los finales de carrera SQ21 y SQ31 cambian de posición y esto afecta a la bobina del contactor auxiliar KA11 que deja de estar alimentada, volviendo sus contactos a su posición inicial, con lo que su contacto 73-74 se abre.
8. Al abrirse este contacto, el órgano de mando de KT2 deja de estar alimentado, los contactos de este relé temporizado vuelven a su posición inicial. Pero eso sí, los motores de las válvulas no dejan de estar alimentados gracias a la realimentación de KM22 y KM32, en concreto sus respectivos contactos 13-14 que siguen alimentando a las bobinas de estos contactores.
9. Transcurrido todo el recorrido para cerrar las válvulas los finales de carrera SQ22 y SQ32 son los encargados de desconectar los pequeños motores de las válvulas, acabándose así el ciclo.

Este sería su funcionamiento básico. Aparte la automatización lleva diferentes medidas de seguridad que las citamos a continuación:

- I. Contactos auxiliares cruzados de los contactores en el esquema de mando en las ramas que alimentan a los órganos de mando de estos contactores. Como se puede observar en el circuito de potencia, tanto en la línea del motor de la válvula de aspiración como en la de la válvula de impulsión existe una estructura inversora formada a base de contactores. Por tanto es muy importante este cruzamiento de contactos auxiliares para así evitar que ambos contactores estén conectados a la vez y evitar así un cortocircuito.
- II. Se han colocado también contactos auxiliares que evitan que mientras esté funcionando alguna de las válvulas en el sentido que sea, el motor bomba es imposible que se conecte ya que no le llegaría alimentación al órgano de mando del contactor que conecta el motor de la bomba.
- III. Aparte del pulsador de paro, existen pulsadores de emergencia, distribuidos a lo largo de diferentes puntos a lo largo de la Estación que paran los diferentes equipos de bombeo y además con enclavamiento, es decir, si no se manipulan no vuelven a su posición habitual.
- IV. Si los relés térmicos detectan algún problema de sobrecarga, la automatización entera se para, sea el motor que sea. Si existiese algún problema con el motor del ventilador de la bomba y el guardamotor se abriese, esto no pararía la automatización entera ya que se ha considerado que no es fundamental para el funcionamiento del sistema debido a que los motores en esta estación de rebombeo no está previsto que tenga que funcionar continuamente, más bien todo lo contrario, conectarse una vez al día y con una duración no superior a las 3 horas, en los meses de verano en los que se prevé una mayor demanda.

La automatización de la bomba PM80/8 C ciertamente es bastante parecida pero con una peculiaridad importante, como el motor de esta bomba no es de elevada potencia como los anteriores, sino que es de tan solo de 15 kW, su uso que va a ser bastante esporádico y también para ahorrar costes, se ha decidido que para este motor en vez de usar arrancadores suaves, hacer un arranque estrella-triángulo. Por tanto, la transición de operaciones sería la siguiente:

1. Indicar que aunque no venga representado en el plano 4.3.5, en la hoja 2, el interruptor horario lo colocaríamos en paralelo con el pulsador SB13. Entonces habría la opción o bien que dicho interruptor, o bien el operador pulsando SB13 activen la automatización.
2. Entonces las válvulas motorizadas tanto de aspiración como de impulsión empiezan a abrirse. Este recorrido está controlado por los finales de carrera SQ101 y SQ111.

3. Al llegar al límite de la apretura de las válvulas, los finales de carrera SQ101 y SQ111 normalmente cerrados se abren y al abrirse activan el circuito de la temporización KT5.
4. Esta temporización tiene la misión de esperar unos cuantos segundos mientras la bomba se llena de agua. Esta agua vendría del retorno de la válvula de impulsión. Además sirve como seguridad para no activar el motor bomba hasta que las válvulas no se hallen completamente abiertas.
5. Transcurridos esos segundos, llega alimentación a la bobina del contactor KM61. Entonces cambian sus contactos, el 33-34 activa el temporizador a la conexión KT6 que será el encargado de controlar el tiempo de conexión de la bomba; y el contacto 53-54 que activa el circuito de la temporización del arranque estrella-triángulo.
6. Este circuito de arranque está controlado por el temporizador a la conexión KT7. Con el contactor KM62 se cierra la conexión en estrella para que transcurrido el tiempo establecido en KT7, este cambie su contacto conmutado 15-16 a la posición 15-18 y alimente al contactor KM63 para que cambie la conexión del motor a triángulo. Entonces el motor ya queda alimentado a 400 V, situación en la que permanecerá hasta que se desconecte.
7. Como se ha citado anteriormente, esta desconexión viene marcada por el temporizador KT6, el cuál transcurrido el tiempo cambia de posición todos sus contactos, con lo que su contacto 25-26 se abre, la bobina del contactor KM63 deja de estar alimentada, este contactor abre sus contactor de potencia con lo que el motor se desconecta.
8. A su vez los contactos del temporizador KT6 17-18 y 37-38 activan los motores de las válvulas para su cierre. Al iniciarse este movimiento, los finales de carrera SQ101 y SQ111 cambian de posición y esto afecta a la bobina del contactor KM61 que deja de estar alimentada, volviendo sus contactos a su posición inicial, con lo que su contacto 33-34 se abre.
9. Al abrirse este contacto, el órgano de mando de KT6 deja de estar alimentado, los contactos de este relé temporizado vuelven a su posición inicial. Pero eso sí, los motores de las válvulas no dejan de estar alimentados gracias a la realimentación de KM72 y KM82, en concreto sus respectivos contactos 13-14 que siguen alimentando a las bobinas de estos contactores.
10. Transcurrido todo el recorrido para cerrar las válvulas los finales de carrera SQ102 y SQ112 son los encargados de desconectar los pequeños motores de las válvulas, acabándose así el ciclo.

Prácticamente las medidas de seguridad de esa automatización son las mismas que en el caso anterior, tan solo señalar el cruzamiento de contactos auxiliares de los contactores KM62 y KM63 en el circuito de arranque estrella-triángulo para evitar que ambos contactores se cierren a la vez, lo que provocaría un cortocircuito, y que para esta automatización no se ha estimado necesario la utilización de un ventilador debido al pequeño tamaño de la bomba.

3.3.4 ANEXO DE CÁLCULOS

3.3.4.1 Justificación del cálculo del puente en B.T. entre el transformador y el cuadro de B.T.

Tal y como está calculado en el apartado 2.3.3.2 de la presente memoria, la intensidad de salida del transformador en B.T. es de 360.85 A. Dicha corriente tiene que ser admitida por los cables que unirán los bornes de B.T. del transformador con los polos del interruptor en carga de lo que sería el cuadro de B.T. tipo intemperie colocado en el poste del mismo Centro de Transformación. Por su maniobrabilidad, capacidad de carga y su flexibilidad se ha estimado el uso de cable de aluminio tipo RZ (cable trenzado unipolar con aislamiento de polietileno reticulado) de sección $3 \times 150/95 \text{ mm}^2$ Al 0.6/1 kV. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la tabla 4 de la ITC-BT-06, considera que un cable de estas características admite una intensidad de corriente máxima de 277 A.

Por lo tanto, el número de cables por fase necesarios será de:

$$360.85 / 277 = 1.3 \rightarrow 2 \text{ cables por fase}$$

Por lo tanto el puente estará compuesto por 2 cables de 150 mm² por fase y 2 cables de 95 mm² para el neutro (aunque al igual que en los casos anteriores también se podría en 1 el número de cables para el neutro teniendo en cuenta que la mayoría de las cargas en la Estación de Rebombado son alimentadas por líneas trifásicas sin neutro). Al final se ha decidido colocar:

$$2 \times (3 \times 150/95) \text{ mm}^2 \text{ Al RZ } 0.6/1 \text{ kV}$$

3.3.4.2 Fórmulas

3.3.4.2.1 Cálculo de la caída de tensión

La caída de tensión en una línea o fase se puede expresar según la ecuación:

$$\Delta U_{\text{fase}} = R_L \times I \times \cos\phi + X_L \times I \times \sin\phi$$

En donde:

ΔU_{fase} La caída de tensión en una fase en voltios (V).

R_L Representa la parte óhmica de la fase, su resistencia, en ohmios (Ω).

X_L Representa la parte inductiva de la fase, su reactancia, en ohmios (Ω).

I Representa la intensidad que circula por esa fase, en amperios (A).

ϕ Desfase entre las ondas de intensidad y de tensión debido a la carga conectada, que viene expresada en grados ($^\circ$).

Si expresamos los parámetros de una línea eléctrica en ohmios por unidad de longitud, la ecuación anterior queda de la siguiente forma:

$$\Delta U_{\text{fase}} = I \times L \times (R'_L + X'_L \times \tan\phi) \times \cos\phi = I \times L \times \psi \times \cos\phi$$

Siendo:

L Longitud de la línea en metros (m).

R'_L Resistencia de la línea por unidad de longitud, en ohmios / metro (Ω / m).

X'_L Inductancia de la línea por unidad de longitud, en ohmios / metro (Ω / m).

ψ Impedancia longitudinal específica de la línea por unidad de longitud, en Ω / m .

Si se considera el caso de una **línea trifásica** en la que la tensión en los extremos de la carga se mantiene muy próxima a la tensión nominal de la línea, como ocurre en el correcto diseño de una línea y la ΔU_{fase} la referenciamos precisamente a la tensión nominal entre fases U_N (tensión de línea), la fórmula anterior queda:

$$\Delta U_L = (P \times L \times \psi) / U_N$$

resultando:

ΔU_L Caída de tensión en una línea trifásica referenciada a la tensión de línea en voltios (V).

P Potencia activa de la carga o receptor conectada a la línea en watios (W).

U_N Tensión de la línea del sistema trifásico en voltios (V).

Para expresarlo en porcentaje respecto a la tensión de línea U_N haremos:

$$\Delta U_L(\%) = (100 \times \Delta U_L) / U_N$$

En el caso de una **línea monofásica**, teniendo en cuenta el cable de retorno, la expresión de la caída de tensión queda:

$$\Delta U = 2 \times I \times L \times \psi \times \cos\phi.$$

Y siguiendo el razonamiento análogo utilizado en el caso trifásico conducen a la fórmula:

$$\Delta U = (2 \times P \times L \times \psi) / U_N$$

En este caso solo hablamos de ΔU ya que en una línea monofásica solo tenemos una tensión. Al igual que para el caso trifásico, para calcular la ΔU en porcentaje:

$$\Delta U(\%) = (100 \times \Delta U) / U_N$$

Siendo para este caso monofásico $U_N = 230$ V.

Recordar que según el R.E.B.T., en la I.T.C.-B.T. 19, para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador (en este proyecto se ha considerado el cuadro de B.T.) y la caída de tensión máxima es:

- 4,5 % para alumbrado
- 6,5 % para los demás usos en general

Teniendo en cuenta el comportamiento real de los cables, los efectos inductivos en los cables se pueden despreciar para secciones inferiores o iguales a 120 mm². Para secciones superiores, el dato de inductancia que se va a tomar va a ser el proporcionado por el fabricante (en este caso Pirelli).

Respecto a la parte óhmica señalar que:

$$R'_L = 1 / (\sigma \times S)$$

Donde:

σ Conductividad del cable en m / ($\Omega \times \text{mm}^2$).

S Sección del cable en mm².

Si se desprecia la reactancia, la caída de tensión en una **línea trifásica** (con referencia a la tensión de línea) será:

$$\Delta U_L = (P \times L) / (U_N \times \sigma \times S)$$

Y para una **línea monofásica**:

$$\Delta U = (2 \times P \times L) / (U_N \times \sigma \times S)$$

3.3.4.2.2 Cálculo de la sección de un conductor

Siguiendo con las ecuaciones anteriores, si se considera que la reactancia de un conductor es despreciable, despejando la sección en el caso de la **línea trifásica** queda:

$$S = (P \times L) / (U_N \times \Delta U_L \times \sigma)$$

Igualmente para una **línea monofásica**:

$$S = (2 \times P \times L) / (U_N \times \Delta U_L \times \sigma)$$

Si la sección es mayor de 120 mm², para realizar un cálculo más exacto, se considerará el valor de la reactancia proporcionada por el fabricante. Para este caso, en una **línea trifásica** volviendo a despejar la sección queda:

$$S = 1 / \{ \sigma \times [(\Delta U_L \times U_N) / (P \times L) - (X' L \times \tan \phi)] \}$$

Y en una **línea monofásica**:

$$S = 2 / \{ \sigma \times [(\Delta U_L \times U_N) / (P \times L) - (X' L \times \tan \phi)] \}$$

3.3.4.2.3 Cálculo de la temperatura de un conductor

La temperatura de un conductor es un factor que influye en su conductividad (σ). En este anexo de cálculos, no se va a tener esto en cuenta, aunque si se va a considerar el caso más desfavorable según el aislamiento que lleve el cable. La temperatura del conductor siempre tiene que ser inferior a la máxima temperatura que aguanta el material aislante que proteja a ese conductor.

$$T = T_0 + [(T_{MAX} - T_0) \times (I / I_{MAX})^2]$$

Siendo:

T Temperatura del conductor (°C).

T₀ Temperatura ambiente (°C):

- Cables enterrados = 25°C
- Cables al aire = 40°C

T_{MAX} Temperatura máxima del conductor (°C).

- XLPE, EPR, $Z = 90^{\circ}\text{C}$
- PVC, $Z1 = 70^{\circ}\text{C}$

I Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} Intensidad máxima admisible del conductor (A).

3.3.4.2.4 Cálculo de las protecciones de la línea

Un dispositivo de protección frente a sobrecargas debe satisfacer las 2 condiciones siguientes:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \times I_z$$

Donde:

I_b Intensidad utilizada en el circuito (A).

I_N Intensidad nominal del dispositivo de protección (para los dispositivos de protección regulables, I_N es la intensidad de regulación escogida).

I_z Intensidad máxima admitida por el conductor según la norma UNE 20-460/5-523.

I_2 Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual a:

La intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional de los interruptores automáticos ($I_2 = 1.45 \times I_N$ según la norma EN-60898), lo que se cumple siempre con la primera ecuación.

La intensidad de fusión en el tiempo convencional de los fusibles normalizados $I_2 = 1.6 \times I_N$ (según la norma EN-60269), lo que equivale a elegir $I_N \leq 0.9 \times I_z$.

Lo que en resumen se traduce que los calibres (I_N) de los **interruptores automáticos** tienen que cumplir:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

Y para los **fusibles**:

$$I_b \leq I_N \leq 0.9 \times I_z$$

Los **interruptores automáticos magnetotérmicos** están caracterizados por una curva de disparo tiempo-intensidad. De acuerdo con las normas europeas (EN 60898 y EN 60947.2), considerando un tiempo de desconexión máximo de 0.1 segundos y siendo I_N su intensidad nominal, la clasificación de los interruptores automáticos es:

- **Curva B:** Disparan para intensidades entre 3 y 5 I_N .
- **Curva C:** Disparan para intensidades entre 5 y 10 I_N . Apto para protección de receptores en general y líneas cortas.
- **Curva D:** Disparan para intensidades entre 10 y 14 I_N . Apto para receptores con fuertes puntas de arranque (motores) y transformadores BT/BT.
- **Curva MA:** Disparan para intensidades fijadas a 12 I_N . También se usan para el arranque de motores, pero a diferencia de los anteriores, no presentan protección frente a sobrecargas.

- **Curva Z:** Disparan para intensidades entre 2.4 y 3.6 IN. Están diseñados para la protección de circuitos electrónicos.

En cuanto a los **fusibles**, en este proyecto se han usado de 2 tipos:

- **Tipo gG:** Fusibles de rango completo para aplicación general.
- **Tipo aM:** Fusibles de curva parcial para protección de motores.

Señalar que para elegir los **interruptores diferenciales**, la intensidad asignada (IN) ha de ser igual o mayor que la intensidad (es decir su calibre) que dejen pasar los interruptores magnetotérmicos o automáticos en un mismo cable. Para elegir los **guardamotores** se tiene en cuenta solo la intensidad absorbida por el motor, sin multiplicarla por ningún coeficiente de arranque ni nada. Y en el caso de los **relés térmicos** se busca aquel cuyo resultado de multiplicar la intensidad absorbida del motor por 1.3, este comprendido dentro de la zona de reglaje del relé.

3.3.4.2.5 Cálculo de las impedancias de cortocircuito

Para calcular la intensidad de cortocircuito (I_{cc}) que tienen que ser capaces de cortar las protecciones de la instalación de B.T., hay que calcular previamente las impedancias de los elementos de la red. También tener en cuenta que se quiere calcular la I_{cc} en puntos situados a baja tensión (400 V), por lo que las impedancias de la red y de la línea aérea habrá que referenciarlas a baja tensión.

IMPEDANCIA RED DE ALIMENTACIÓN DE M.T.

Datos de la Red Eléctrica:

- Tensión de servicio: 15 kV.
- Intensidad de Cortocircuito Nominal: 20 kA.
- Potencia de Cortocircuito: 519.6 MVA.

La impedancia de la red referida en A.T. se calcula como:

$$Z_{RED \text{ M.T.}} = U^2 / S_{cc} = [(15 \times 10^3)^2] / (519.6 \times 10^6) = 0.433 \, \Omega.$$

Si la resistencia R_{RED} y la reactancia X_{RED} son desconocidas, puede tomarse:

$$X_{RED \text{ M.T.}} = 0.995 \times Z_{RED \text{ A.T.}} = 0.995 \times 0.433 = 0.4308 \, \Omega.$$

$$R_{RED \text{ M.T.}} = 0.1 \times X_{RED \text{ A.T.}} = 0.1 \times 0.4308 = 0.04308 \, \Omega.$$

Si se referencia a baja tensión:

$$X_{RED \text{ B.T.}} = X_{RED \text{ M.T.}} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 0.4308 / (15000 / 400)^2 = 0.306 \, \text{m}\Omega = 0.306 \times 10^{-3} \, \Omega.$$

$$R_{RED \text{ B.T.}} = R_{RED \text{ M.T.}} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 0.04308 / (15000 / 400)^2 = 0.0306 \, \text{m}\Omega = 0.306 \times 10^{-4} \, \Omega$$

IMPEDANCIA DE LA LÍNEA AÉREA

Esta línea aérea es la que alimenta el C.T. enganchando en la línea de M.T. más próxima. A continuación se muestra una tabla con las características de los conductores LA más utilizados donde aparecen valores de resistencia, sección y conductividad:

Magnitud	LA-30	LA-56	LA-78	LA-110	LA-145
Características de los conductores					
R (Ω/km)	1.0749	0.6136	0.4261	0.3066	0.2422
S (mm^2)	31.1	54.6	78.6	116.2	147.1
δ_c (A/mm^2)	4.376	3.6114	3.176	2.695	2.502

Se calcula la corriente máxima que puede absorber el C.T., la cual vendrá marcada por la potencia aparente del transformador:

$$I_{M.T.} = \text{STRAFO} / [(\sqrt{3}) \times U] = 250000 / [(\sqrt{3}) \times 15000] = 9.62 \text{ A}$$

Se comprueba si el cable LA-30 sirve:

$$I_{z \text{ M.T.}} = \delta_c \times S = 4.376 \times 31.1 = 136.09 \text{ A} > 9.62 \text{ A} \rightarrow \text{Válido}$$

La Resistencia viene en la tabla anterior, pero habrá que calcular la reactancia. Su fórmula es:

$$X' = \omega \times L_k = 2 \times \pi \times f \times L_k$$

En donde:

X' reactancia kilométrica en Ω/km .

ω pulsación.

L_k inductancia kilométrica.

f frecuencia de la onda sinusoidal, en este caso 50 Hz.

La inductancia kilométrica en una línea aérea de M.T. se calcula:

$$L_k = \{[\mu / (2 \times n)] + [2 \times \ln(D / r)]\} \times 10^{-4} \quad [\text{H}/\text{km}]$$

siendo:

μ Permeabilidad que para cables de Al y Cu el valor será 1.

N Número de conductores por fase, en este caso también 1.

D Distancia Media Geométrica (D.M.G.), en metros.

R Radio Medio Geométrico (R.M.G.), en metros.

La Distancia Media Geométrica hace referencia a la distancia entre las fases, en este caso en una línea aérea. Se considera como distancia entre fases R-S y S-T 1 m, con lo cual se calcula:

$$\text{DMG} = (\text{DR-S} \times \text{DS-T} \times \text{DT-R})^{1/3} = (1 \times 1 \times 2)^{1/3} = 1.26 \text{ m}$$

Al tratarse de un conductor por fase, el Radio Medio Geométrico coincide con el radio del cable, pero debido a que estos tipos de cables están formados por alambres de Al y Ac y no forman una circunferencia perfecta, se corrige este radio con un factor 0.95. El valor de la sección se encuentra en la tabla anterior.

$$S = \pi \times r^2 \rightarrow r = \sqrt{(S / \pi)} = \sqrt{(31.1 / \pi)} = 3.1463 \text{ mm} \rightarrow r \text{ (corregido)} = 2.9889 \text{ mm}$$

Si se sustituyen estos valores en la ecuación de la inductancia kilométrica queda $L_k = 1.2587 \times 10^{-3} \text{ H/km}$.

La distancia entre el punto de enganche de la red de M.T. y el centro de transformación es de 1.16 km.

El valor de la resistencia de esta línea aérea es de (R' sacado de la tabla) y el de la reactancia, eso si referidos a M.T. son:

$$R_{L.A.} = R' \times L = 1.0749 \times 0.597 = 0.642 \Omega$$

$$X_{L.A.} = 2 \times \pi \times 50 \times (1.2587 \times 10^{-3}) \times 0.597 = 0.2361 \Omega$$

Si se referencia a B.T.:

$$R_{L.A. \text{ B.T.}} = R_{L.A. \text{ M.T.}} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 0.642 / (15000 / 400)^2 = 4.56 \times 10^{-4} \Omega$$

$$X_{L.A. \text{ B.T.}} = X_{L.A. \text{ M.T.}} / (U_{M.T.} / U_{B.T.})^2 = 0.2361 / (15000 / 400)^2 = 1.68 \times 10^{-4} \Omega$$

IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

La impedancia de cortocircuito de un transformador de dos arrollamientos $Z_T = R_T + jX_T$ vista desde el secundario se calcula según:

$$Z_T = (U_{cc} \times U_T^2) / S_N = (4 / 100) \times [420^2 / 250000] = 0.02822 \Omega$$

Donde:

U_T Tensión de línea en el secundario con el transformador en vacío, y cuando en el primario aplicamos la tensión nominal U_N del transformador. Viene indicado en el catálogo del fabricante.

S_N La potencia aparente del transformador, en VA.

$u_{cc} = U_{cc} / U_N \rightarrow$ u_{cc} se calcula como la tensión aplicada en el primario tal que, cuando el secundario está en cortocircuito, la intensidad del secundario es la nominal. Se divide por U_N para expresarlo en tanto por uno respecto de la tensión nominal. Viene también en el catálogo.

Se puede hallar la resistencia R_T a partir de las pérdidas por efecto Joule (P_T):

$$R_T = P_T / (3 \times I_N^2) = 3250 / (3 \times 360.84^2) = 8.32 \times 10^{-3} \Omega$$

Teniendo en cuenta que:

P_T Potencia perdida a plena carga del transformador, en vatios (W).

I_N Corriente nominal por el secundario del transformador, en amperios (A).

Sabiendo esto, la reactancia del transformador sería:

$$X_T = \sqrt{(Z_T^2 - R_T^2)} = 0.02697 \Omega$$

IMPEDANCIA DE LOS CABLES DE BAJA TENSIÓN

La impedancia de estas líneas se calcula como $Z_L = R_L + jX_L$, donde la resistencia R_L y la reactancia X_L se determinan a partir de la resistencia por unidad de longitud R'_L y la reactancia por unidad de longitud X'_L . Señalar que la conductividad en este caso se toma como referencia a la temperatura del conductor a 20 °C (56 m/Ωmm²); y para la X'_L su valor depende de la forma en que se agrupen los cables y de su sección. Los valores finalmente usados son:

Sección (mm ²)	6	10	70	400
Reactancia X'_L (mΩ/m)	0.119	0.114	0.084	0.075

IMPEDANCIA DE LOS MOTORES

En los motores asíncronos, cuando se produce un cortocircuito tripular, el campo magnético no desaparece bruscamente al anularse la tensión de red, contribuyendo a la corriente de cortocircuito durante un intervalo de tiempo corto. En este caso solo se han considerado los motores-bomba y el motor-elevación del puente grúa. El resto de los motores no se han considerado debido a su escasa potencia. Recordar que hay instalados 6 motores-bomba.

$$X_{M.BOMBA\ 1-2} = (e / 100) \times (U^2_N / P_N) = (23 / 100) \times (400^2 / 75000) = 0.4907\ \Omega$$

$$X_{M.BOMBA\ 3} = (e / 100) \times (U^2_N / P_N) = (24 / 100) \times (400^2 / 15000) = 2.56\ \Omega$$

Siendo:

- e valor de la impedancia expresado en %. Suele rondar entre el 20 y el 25%.
- P_N potencia nominal de motor, en vatios (W).

El valor de la resistencia R es del orden de $0.2 \times X$, lo que da:

$$R_{M.BOMBA\ 1-2} \rightarrow 0.2 \times X_{M.BOMBA} = 0.2 \times 0.4907 = 0.09813\ \Omega$$

$$R_{M.GRUA\ 3} \rightarrow 0.2 \times X_{M.GRUA} = 0.2 \times 2.56 = 0.512\ \Omega$$

RESULTADO DE LA IMPEDANCIA TOTAL Y CÁLCULO DE LA I_{cc} Y DE LA I_p

El cálculo de la impedancia total consiste en ir asociando las diferentes impedancias en serie o en paralelo según corresponda hasta dar como resultado una única impedancia, que será precisamente la impedancia equivalente vista desde el punto de cálculo, es decir, el punto en el que se instalará la protección ante cortocircuitos.

Las fórmulas usadas para calcular esta impedancia equivalente han sido las siguientes:

- Asociación en serie.

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

- Asociación en paralelo.

$$1 / Z_t = 1 / Z_1 + 1 / Z_2 + \dots + 1 / Z_n$$

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_{cc}^2 + X_{cc}^2)}$$

Una vez ya se tiene esto, ya se puede calcular la intensidad de cortocircuito (I_{cc}):

$$I''_{cc} = (c \times U_N) / [(\sqrt{3}) \times Z_{cc}]$$

Donde:

I''_{cc} Intensidad de cortocircuito simétrica inicial, en valor eficaz, también llamada corriente alterna inicial de cortocircuito. La forma que se ha empleado para este anexo ha sido el cálculo de un cortocircuito trifásico simétrico, el caso más desfavorable de todos.

c Factor de tensión usado para los cálculos en baja tensión según UNE 21-240-94. Debe ser considerado al despreciar las capacidades de la línea y resume el efecto de la variación de tensión en el tiempo y de excitación en las máquinas.

$U_N / \sqrt{3}$ Es la tensión de fase, en valor eficaz.

Z_{cc} Impedancia de cortocircuito resultado de la asociación de todas las impedancias aguas arriba del punto de defecto o de cálculo.

Hay que tener en cuenta que I''_{cc} va a quedar como un número complejo, con módulo y argumento. El valor a fijarse para saber el poder de corte del interruptor que necesitamos va a ser evidentemente el módulo. Señalar que tanto la red de M.T. como los motores antes señalados en el apartado anterior, a la hora de dibujar el circuito equivalente, se consideraran como fuente de tensión de fase siendo referencia de fase.

El módulo y el argumento en la Z_{cc} habrá que llevarlo hasta el final. Cuando se vaya a calcular la I''_{cc} en puntos considerados eléctricamente iguales, se calculará para el caso más desfavorable siendo ese valor el de referencia para ese punto.

Para terminar ya solo faltaría por calcular la corriente de cortocircuito de choque (I_p):

$$I_p = k \times \sqrt{2} \times I''_{cc}$$

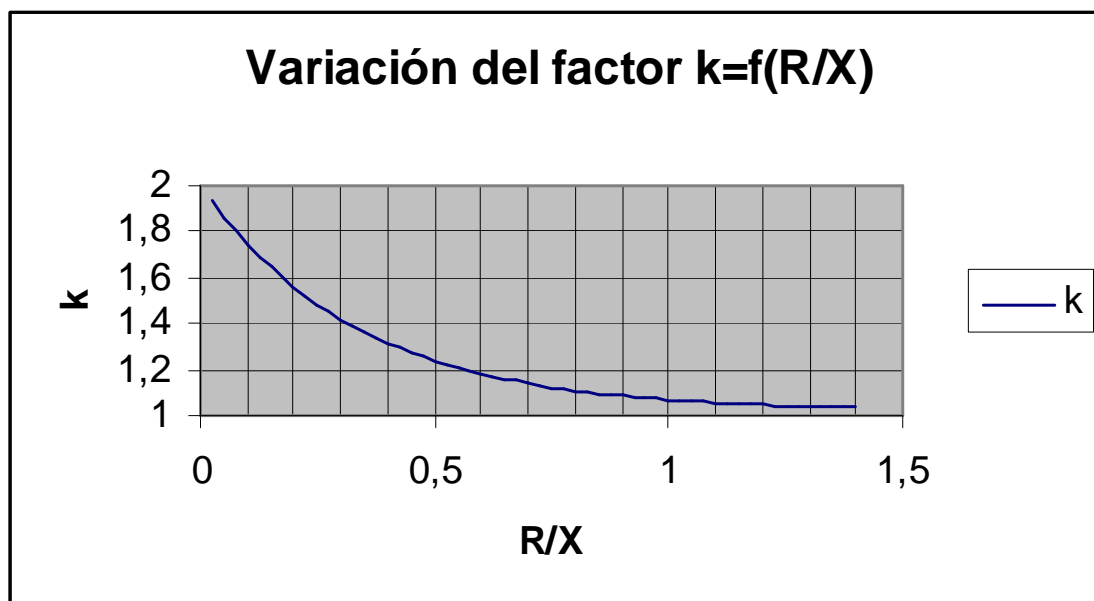
Siendo:

k Factor función del cociente R / X , es decir, en este caso R_{cc} / X_{cc} . Hay 2 formas de calcularlo:

- Gráficamente mediante la gráfica de abajo "Variación del factor $k=f(R/X)$
- Analíticamente mediante la expresión $k = 1.02 + 0.98 \times e^{-[(3 \times R) / X]}$

I_p Es la amplitud o valor de cresta de la corriente de cortocircuito I''_{cc} .

Este valor nos sirve para saber los esfuerzos electrodinámicos que va a tener que aguantar el elemento de protección.



3.3.4.3 Previsión de cargas

A continuación se va a exponer el resumen del cálculo de toda la instalación eléctrica de baja tensión que comprende el centro de transformación de intemperie o sobre poste (C.T.-3) y la estación de rebompeo de la tubería TI-9.

Toda esta instalación eléctrica viene distribuida en 2 cuadros de mando y distribución (no se cuenta el cuadro de los contadores ya que no influye para el cálculo eléctrico):

- Cuadro General de Mando y Protección de los equipos de rebompeo: situado en la estación de rebompeo en el que encontramos 4 salidas: 3 salidas para alimentar el conjunto de los equipos de rebompeo con sus respectivas automatizaciones y una 4ª salida que va al Cuadro de Mando y Protección de la est. de rebompeo.
- Cuadro de Mando y Protección de la estación de rebompeo (C.E.R.): de donde se alimenta toda la iluminación y tomas de corriente de dicha estación.

Primero se exponen 2 cuadros resumen de las potencias de cálculo (no correspondientes en muchas ocasiones con las potencias nominales instaladas) utilizadas en los diferentes circuitos. Seguidamente se expresan separados por los diferentes cuadros eléctricos instalados los resultados obtenidos en cada línea tanto en parámetros eléctricos como en cortocircuito.

3.3.4.3.1 Salida alimentación receptores genéricos

Señalar que para calcular la sección de esta salida para alimentación de los receptores genéricos sobre la potencia calculada se ha aplicado un coeficiente de simultaneidad de 0.5.

RESUMEN DE POTENCIAS DE CÁLCULO

Designación	Localización	P. activa (W)	Cosφ (°)	P. reactiva (VAr)
Alumb. Est. rebompeo 1 (I1)	Est. Rebompeo	777.6	0.5	1346.84
Alumb. Est. rebompeo 2 (I2)	Est. Rebompeo	648	0.5	1122.37
Alumb. Emergencias (I3)	Est. Rebompeo	237.6	0.5	411.53
T. de corriente (LF1)	Est. Rebompeo	3450	1	0
T. de corriente (LF2)	Est. Rebompeo	3450	1	0
T. corriente trifásica (LF3)	Est. Rebompeo	10000	1	0
TOTAL		18563.2	TOTAL	2880.74

3.3.4.3.2 Salida alimentación equipos de bombeo

Señalar que en esta estación de rebombeo nos encontramos con 3 equipos de bombeo, 2 preparados para satisfacer las necesidades hídricas de los regantes en los hidrantes que van del 37 al 43 que corresponden con los motores de 75 kW y el otro un equipo con motor de 15 kW preparado para alimentar al hidrante 36 situado a elevada altura y relativamente cerca de la estación de rebombeo.

A la hora de calcular la potencia de cálculo en la línea "Alimentación Estación de Rebombeo" se ha tenido en cuenta lo que dice el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en el apartado 3.2 de la ITC-BT-47 y las determinadas condiciones que imponen las automatizaciones de los diferentes equipos de bombeo.

RESUMEN DE LA POTENCIA DE CÁLCULO DEL EQUIPO DE BOMBEO 1 Y 2

Designación	PN Motor	$\eta_{\text{Motor}} (\%)$	P. activa (W)	Cos ϕ (°)	P. reactiva (VAr)
Motor bomba	75 kW	94	79787.23	0.87	45217.5
Válvula de admisión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Válvula de impulsión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Ventilador bomba	1.1 kW	73	1506.85	0.77	1248.62
Condensador trifásico	-	-	-	0	-20000
TOTAL...	77.6 kW	TOTAL...	83468	TOTAL...	28383.34

Designación	PN Motor	$\eta_{\text{Motor}} (\%)$	P. activa (W)	Cos ϕ (°)	P. reactiva (VAr)
Motor bomba	15 kW	86	17441.86	0.8	13081.39
Válvula de admisión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Válvula de impulsión	0.75 kW	69	1086.96	0.75	958.61
Condensador trifásico	-	-	-	0	-5000
TOTAL...	16.5 kW	TOTAL...	19615.78	TOTAL...	9998.61

Cuadro de Baja Tensión

Una vez que ya se conocen las potencias de los diferentes circuitos se esta en disposición de calcular el interruptor automático general de cabecera del Cuadro de Mando y Protección de los equipos de rebombeo y también se va a citar en este apartado la potencia aparente necesaria del transformador que también se situará en el apoyo del Centro de Transformación.

Hay que tener en cuenta que del cuadro de BT situado en el apoyo o poste solo hay una salida. Teniendo esto presente se ha considerado que esta salida actúa como una línea motor que alimenta a varios motores por lo que para calcular las potencias de cálculo se han seguido las indicaciones de la ITC-BT-47:

$$\text{Motor de mayor potencia} \rightarrow P_{\text{activa}} = 1.25 \times 79787.23 \text{ W} = 99734.03 \text{ W} \approx 100 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{reactiva}} = 1.25 \times 45217.5 \text{ VAr} = 56521.87 \text{ VAr} \approx 56.5 \text{ kVAr}$$

$$\text{Resto de motores} \rightarrow P_{\text{activa}} = 79787.23 + (2 \times 1506.85) + 17441.86 \text{ W} = 100242.79 \approx 100.2 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{reactiva}} = 45217.5 + (2 \times 1248.62) + 13081.39 \text{ VAr} = 60796.13 \approx 60.8 \text{ kVAr}$$

$$\text{Alim. Recep. Genéricos} \rightarrow P_{\text{activa}} = 18563.2 \times 0.5 = 9281.6 \text{ W} \approx 9.3 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{reactiva}} = 2880.74 \times 0.5 = 1440.37 \text{ VAr} \approx 1.4 \text{ kVAr}$$

Contando con los condensadores trifásicos se puede decir que las necesidades de suministro

son:

$$P_{\text{activa total}} = 100 + 100.2 + 9.3 = 209.5 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{reactiva total}} = 56.5 + 60.8 + 1.4 - 20 - 20 - 5 = 73.7 \text{ kVAr}$$

Si se calcula la potencia aparente para saber el transformador a elegir tendremos:

$$S_{\text{aparente total}} = \sqrt{(209.5)^2 + (73.7)^2} = 222.08 \text{ kVA}$$

Viendo este resultado y teniendo en cuenta que este resultado sale contando con la reducción que aportan los condensadores trifásicos, lo más razonable es acudir a un transformador de 250 kVA.

En cuanto al calibre del interruptor automático:

$$I_{\text{necesaria}} = 321.3 \text{ A} \rightarrow \text{Calibre 400 A}$$

3.3.4.3.3 Tablas de resultados

Cuadro de Mando y Protección de la est. de rebombeo de la tubería TI-9

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔUp (%)	ΔUt (%)	Dim Zanja tub (mm)
A.Rec.	9281.6	4	4x6mm ² Cu	13.53	32	0.08	0.28	Ø25
Ag.Rec	8563.2	0.3	4x2.5mm ² Cu	13.04	21	0.63	0.91	-
I1	777.6	24	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	6.76	15	0.98	1.89	Ø25
I2	648	20	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	5.63	15	0.68	1.59	Ø25
I3	237.6	30	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	2.07	15	0.37	1.28	Ø16
LF1	3450	19	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	2.06	2.97	Ø25
LF2	3450	14	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	15	21	1.52	2.43	Ø20
LF3	10000	11	3x4+TTx4mm ² Cu	14.43	24	0.36	0.64	Ø25

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
A.Rec.	4	4x6mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	25	17873	I.Mag IN:25A, C
Ag.Rec	0.3	4x2.5mm ² Cu	0.0305 ∠ 48.9	7956	-	12275	-
I1	24	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0305 ∠ 48.9	7956	10	12275	I.Mag IN:10A, C
I2	20	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0305 ∠ 48.9	7956	10	12275	I.Mag IN:10A, C
I3	30	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	0.0305 ∠ 48.9	7956	10	12275	I.Mag IN:6A, C
LF1	19	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0305 ∠ 48.9	7956	10	12275	I.Mag IN:16A, C
LF2	14	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0305 ∠ 48.9	7956	10	12275	I.Mag IN:16A, C
LF3	11	3x4+TTx4mm ² Cu	0.0305 ∠ 48.9	7956	10	12275	I.Mag IN:20A, B

Nota sobre las abreviaturas:

- A.Rec.: Alimentación Receptores Genéricos - Ag.Rec: Agrupación Receptores

Cuadro General de los equipos de bombeo

Línea	P Calc (W)	L (m)	Sección (mm ²)	I Cal (A)	I Ad (A)	ΔU_p (%)	ΔU_t (%)	Dim Zanja tub (mm)
A.E.Re	209258	18.1	3x400+1x185mm ² Cu	321.3	634.5	0.2	0.2	-
M.Bo.1	99734	9.3	3x70+TTx35mm ² Cu	165.5	196.6	0.19	0.39	350x600
V.Ad.1	1358.7	12.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.09	0.29	Ø25
V.Im.1	1358.7	23.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.17	0.37	Ø25
V.Bo.1	1883.6	9.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	3.57	14.8	0.12	0.33	Ø25
C.Tri.1	34000	9	3x16+TTx16mm ² Cu	49.1	59	0	0.21	Ø32
M.Bo.2	99734	12.2	3x70+TTx35mm ² Cu	165.5	196.6	0.23	0.43	350x600
V.Ad.2	1358.7	15.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.11	0.31	Ø25
V.Im.2	1358.7	26.2	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.18	0.39	Ø25
V.Bo.2	1883.6	12.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	3.57	14.8	0.16	0.37	Ø25
C.Tri.2	34000	10	3x16+TTx16mm ² Cu	49.1	59	0	0.21	Ø32
M.Bo.3	21802	6.4	3x10+TTx10mm ² Cu	39.34	54.72	0.2	0.4	350x600
V.Ad.3	1358.7	9.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.07	0.27	Ø25
V.Im.3	1358.7	20.4	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	2.61	12.9	0.14	0.34	Ø25
C.Tri.3	8500	11	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	12.32	18.5	0	0.21	Ø20

Cortocircuito:

Línea	L (m)	Sección (mm ²)	Z _{cc} (Ω)	I'' _{cc} (A)	PdC (kA)	I _p (A)	Prot Term o mag cabecera línea
A.E.Re	18.1	3x400mm ² Cu	0.0288 ∠ 72.2°	8409	100	16570	Fus.aM, IN:630A
M.Bo.1	9.3	3x70+TTx35mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	50	17873	Disyunt IN:150A
V.Ad.1	12.6	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Disyunt IN:2.5A
V.Im.1	23.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Disyunt IN:2.5A
V.Bo.1	9.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Guard. 2.5÷4 A
C.Tri.1	9	3x16+TTx16mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	36	17873	I.Aut Ireg:40A
M.Bo.2	12.2	3x70+TTx35mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	50	17873	Disyunt IN:150A
V.Ad.2	15.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Disyunt IN:2.5A
V.Im.2	26.2	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Disyunt IN:2.5A
V.Bo.2	12.5	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Guard. 2.5÷4 A
C.Tri.2	10	3x16+TTx16mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	36	17873	I.Aut Ireg:40A
M.Bo.3	6.4	3x10+TTx10mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	50	17873	Disyunt IN:40A
V.Ad.3	9.8	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Disyunt IN:2.5A
V.Im.3	20.4	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	100	17873	Disyunt IN:2.5A
C.Tri.3	11	3x2.5+TTx2.5mm ² Cu	0.0268 ∠ 72.3°	9051	25	17873	I.Aut Ireg:16A

Nota sobre las abreviaturas:

- A.E.Re: Alimentación Estación de Rebombeo
- M.Bo.: Motor bomba
- V.Ad.: Válvula admisión
- V.Im.: Válvula impulsión
- V.Bo.: Ventilador bomba
- C.Tri.: Condensador trifásico

3.3.4.4 Cálculo de tierras

La norma UNE 20460 presenta una clasificación detallada de los difeentes locales, en función de múltiples parámetros, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de utilización.

Según el tipo de local, se definen tres valores de tensión de seguridad que no deben

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

rebasarse (12 V para los locales mojados, 25 V para los locales húmedos y 50 V para los locales secos). Estas tensiones, consideradas como no peligrosas, provocan la circulación por el organismo humano de una corriente inferior a 30 mA. En el caso que nos atañe, se ha considerado que esta "Estación de Rebombéo General" pertenece al grupo de local mojado.

Como protección contra contactos indirectos se usan interruptores diferenciales, medida habitual cuando se trata como en este caso de una distribución de tipo TT.

Todas las masas de los aparatos protegidos por el diferencial tienen que estar conectadas a la misma toma de tierra y la elección de la sensibilidad del interruptor diferencial debe cumplir la relación:

$$R_A \leq V/I_{\Delta N}$$

Donde:

$I_{\Delta N}$: Sensibilidad del interruptor diferencial (A).

R_A : Resistencia de puesta a tierra de las masas (Ω).

V : Tensión de seguridad (V).

En la instalación de baja tensión, el caso más desfavorable se observa para los equipos de bombeo en donde la sensibilidad de los aparatos protegidos por un diferencial como los motores es de 300 mA, por tanto en la fórmula anterior quedaría:

$$R_A \leq 12/0.3 = 40 \Omega$$

Viendo la tabla 14.3 de la ITC-BT-18 y observando las características del terreno en el cual se va a asentar la estación de rebombéo, se ha considerado que la naturaleza del terreno puede englobarse dentro del grupo de calizas blandas y por tanto se ha establecido una resistividad de 200 Ωm .

La idea es hacer un rectángulo de igual dimensión que la base de la Estación de Rebombéo colocando en cada esquina una pica vertical y aprovechar el perímetro para colocar conductor enterrado horizontalmente. La fórmula que se va a usar para calcular la resistencia de puesta a tierra es:

$$R_A = \rho \times \{0.12 + 0.159 \times [1/D + 1/D' + 1/\sqrt{(D^2 + D'^2)}]\}$$

En donde:

ρ Resistividad del terreno en Ωm .

D y D' Son los lados del rectángulo en m.

Esta fórmula solo se puede usar para picas de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro y los lados del rectángulo son 11.3 y 15.3 m.

Al sustituir los valores queda:

$$R_A = 29.45 \Omega \leq 40 \Omega \rightarrow \text{Cumple con la condición impuesta}$$

Según la ITC-BT-18, para asegurar la independencia para la puesta a tierra de las masas de

las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- d) No exista canalización metálica conductora (canalizaciones de agua, gas, ...) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
- e) Cuando el terreno sea muy mal conductor (resistividad $>100 \Omega \times m$), la distancia mínima se calculará aplicando la fórmula:

$$D = \rho I_d / 2\pi U$$

Siendo:

- D Distancia entre electrodos, en metros.
- P Resistividad media del terreno en $\Omega \times m$.
- I_d Intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica.
- U 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menos o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario.

Para este caso, la I_d proporcionada por la empresa suministradora ENDESA-ERZ es de 5 A, por tanto:

$$D = (200 \times 5) / (2 \times \pi \times 1200) = 0.13 \text{ m} \rightarrow \text{Prácticamente despreciable}$$

- f) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

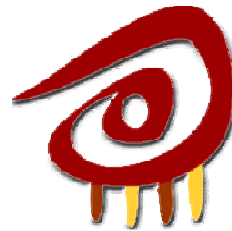
En este caso se puede observar como se cumplen todos estos requisitos, por lo que la instalación de esta toma de tierra sería la adecuada. Señalar que la compañía suministradora, en este caso E.R.Z. recomienda que la distancia entre la tierra de protección del abonado, es decir, de la instalación de Baja Tensión y cualquiera de las tierras del centro de transformación debe ser de al menos 20 m para así garantizar su independencia.

Los conductores de protección se han calculado adecuadamente y según la tabla 18.2 de la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo señalar también que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

MEMORIA 2

PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN EN REGADIO DE LA “VALL DE LA FIGUERA” DE FABARA



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL
- ZARAGOZA -

JUNIO 2012

Autor: Ricardo Balaguer Tarragó
Director: Ángel Santillán Lázaro
Especialidad de ELECTRICIDAD
PROYECTO DE FINAL DE CARRERA

CÁLCULOS HIDRÁULICOS

4 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

4.1 ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL

4.1.1 INTRODUCCIÓN

El suministro a los hidrantes de las agrupaciones objeto de transformación, se realizará mediante dos redes de riego (TI y TN), formadas por tuberías a presión enterradas que distribuirán agua procedente del embalse de Mequinenza.

La Captación de agua en el embalse de Mequinenza se ha proyectado de forma independiente y no viene incluido en este proyecto, pero si se tienen los datos de las bombas sumergibles usadas, que más adelante se citará.

El proyecto consiste en el suministro hídrico de 91 hidrantes, 23 situados en la Tubería TN y 68 en la Tubería TI. Cada hidrante a su vez regará las fincas situadas a su alrededor, por lo que podrá tener varias salidas dependiendo de cuantos propietarios interesados haya. El dato de superficie que aparece en la Tabla de los hidrantes ya corresponde con la suma total de los diferentes propietarios que hay en cada hidrante.

Desde la Captación de agua en el embalse de Mequinenza se impulsará el agua más de 7500 m a través de la Tubería TI hasta la Estación de Rebombéo General situada en la cota 190.71, justo al lado del hidrante 44. Seguidamente se volverá a bombear para impulsarla más de 4700 m hasta la Balsa de Regulación situada en la cota 310.03 también a través de la Tubería TI. En esta Balsa es donde empieza la Tubería TN.

Por tanto, la red de Riego TI incluye todas las tuberías de riego principales y secundaria que dan servicio a la zona Norte de la Transformación, situada entre la Captación y la Balsa de Regulación; y la red de Riego TN incluye todas las tuberías de riego que parten desde la Balsa de Regulación hacia la zona Sur de la Transformación.

El funcionamiento de todo el conjunto va a ser:

- Los hidrantes situados entre la Captación y la Estación de Rebombéo General cuando las bombas de la Captación estén en funcionamiento se alimentarán a través de esta impulsión. Cuando no lo estén, se alimentarán del caudal por gravedad procedente de la Balsa de Regulación.
- Los hidrantes situados entre la Estación de Rebombéo General y la Balsa de Regulación se alimentarán cuando las bombas de la Estación de Rebombéo estén en funcionamiento de estas, y si no lo están por gravedad a través de la Balsa de Regulación. Señalar que cuando tenga que funcionar alguna bomba de la Estación de Rebombéo, se tenga que activar alguna bomba de la Captación, ya que aunque en la Estación de Rebombéo existe una balsa, esta es de reducido tamaño, y en ningún caso tiene la finalidad de almacenar el caudal para regularlo, sino tan solo para que el caudal pierda presión, energía. Así se consigue evitar averías en las bombas de esta Estación.
- En cuanto a la red de riego TN se alimentarán o bien por gravedad si los hidrantes están situados no a más de 3600 m de la Balsa de Regulación (existe la posibilidad de cerrar mediante una válvula de compuerta la tubería TN); o bien mediante las bombas de la Estación de Bombeo de la Balsa de Regulación.

Aunque ya no corresponde estrictamente con lo señalado en esta parte del proyecto, decir que en la Balsa de Regulación va a ver otra estación de bombeo para suministrar presión, ya que pese a la altura geométrica de la Balsa, no es suficiente para poder alimentar en condiciones a los hidrantes situados al final de la Tubería TN. También señalar que se va a tener que considerar también la construcción de otra estación de bombeo situada en la tubería TI-9, ya que sino 8 hidrantes se quedaban sin suministro por estar a demasiada altura.

Los cálculos que se corresponden con esta parte del proyecto son:

- Cálculo y explicación de los diferentes caudales usados.

- Cálculo del diámetro de la Tubería TI, y por consiguiente demás características como presión, velocidad, pérdida de carga,
- La localización de la Estación de Rebombeo General.
- Cálculo del tamaño de las bombas usadas tanto en la Captación como en la Estación de Rebombeo General.

Por tanto señalar que este apartado del Anexo va referido a los hidrantes situados en la red TI, aunque no se va a calcular la localización de la Estación de Rebombeo TI-9, ni sus necesidades hídricas.

4.1.2 DOTACIONES

Las dotaciones son un factor importantísimo en el diseño ya que nos aportan la información de cuanto caudal por unidad de superficie necesitamos para una determinada finca, en definitiva, para un determinado hidrante.

Seguidamente abajo se puede observar un cuadro con 3 columnas:

- **Nº de tomas:** que se refieren al número de tomas situadas aguas abajo de la toma sobre la que se está realizando el cálculo. Si esta toma es la última, entonces en la columna buscaríamos el 0.
- **P.hidrantes:** que lo podemos explicar como la probabilidad de que los hidrantes situados aguas abajo o aguas arriba según interese saber estén en funcionamiento.
- **Dotaciones:** consiste en aplicar esas probabilidades sobre la dotación inicial de 1,5 (l/s)*ha.

Cálculo de las dotaciones l/(s*ha)		
Nº de tomas	P.hidrantes	Dotaciones
0→3	1	1.5
4→8	0.95	1.425
9→11	0.9	1.35
12→15	0.85	1.275
16→18	0.8	1.2
19→21	0.75	1.125
22→24	0.7	1.05
25→27	0.65	0.975
28→30	0.6	0.9
31→33	0.55	0.825
34→36	0.5	0.75
37→39	0.45	0.675
40→48	0.34	0.51
>=49	0.23	0.34
	Valor elegido	1.5
	Superficie (ha)	0
	Q hidrante (m³/s)	0
	Q hid restantes (m³/s)	0.24516
	Q balsa + Q TN (m³/s)	0
	Q suma (m³/s)	0.24516

Se está haciendo énfasis sobre el concepto de la probabilidad para no sobredimensionar en exceso nuestra instalación lo que nos llevaría a unos costes innecesarios para una situación que muy difícilmente, por no decir nunca, se va a producir en la vida real.

También señalar que:

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

- **Valor elegido:** hace referencia al coeficiente denominado dotaciones que se usa para el cálculo. Señalar que cuando se calcula sobre un hidrante, el coeficiente para ese hidrante es 1,5 utilizándose la regla de la tabla para los hidrantes situados aguas arriba o aguas abajo según interesase.
- **Superficie:** valor en hectáreas de la superficie. Si se calcula justo en un hidrante será en un hidrante, si se calcula en una derivación con otra tubería será la suma de todas las superficies implicadas.
- **Q hidrante (m^3/s):** es el resultado de la multiplicación del valor elegido por la superficie y representa el caudal. Puede ser para un hidrante o para la suma de las superficies implicadas.
- **Q hid restantes (m^3/s):** se refiere al caso de que interese contar con otros "caudales". Es decir, si se esta calculando por ejemplo el caso de la tubería TI con bombeo interesará contar con los hidrantes situados aguas arriba para así saber el caudal que necesito circular. Sobre esos hidrantes es donde aplicaría la regla de dotaciones. En el caso de tubería TI sin bombeo, al revés, los situados aguas abajo. Si en Q hidrante ya se tiene el caudal que necesito, entonces en Q hid restantes se pondrá 0.
- **Q balsa + Q TN (m^3/s):** se usa en la tubería TI. Es la forma de hacer que la tubería TI sea capaz de soportar el caudal necesario para llenar la Balsa de Regulación y llevar el caudal calculado para TN.
- **Q suma (m^3/s):** es el caudal total que se calcula que circulará por la tubería.

En la siguiente tabla se muestran los datos usados de los hidrantes:

Hidrante	Cota (m)	Sup (Has.)	Q (l/s)	Hidrante	Cota (m)	Sup (Has.)	Q (l/s)
1	154.24	12.0759	18.113	47	208.43	5.6145	8.421
2	158.08	8.138	12.207	48	229.02	11.937	17.905
3	199.93	9.1084	13.662	49	243.23	10.654	15.981
4	175.95	10.8255	16.238	50	257.64	8.05	12.075
5	169.21	27.1704	40.755	51	210.97	6.7871	10.180
6	173.06	9.5615	14.342	52	217.67	10.1711	15.256
7	176.7	6.0599	9.089	53	221.64	7.2755	10.913
8	186.41	11.0374	16.556	54	231.42	9.5741	14.361
9	177.31	5.175	7.762	55	230.98	4.9608	7.441
10	223.52	8.5849	12.877	56	243.23	13.5916	20.387
11	229.35	5.875	8.812	57	255.37	8.0764	12.114
12	229.4	13.2818	19.922	58	263.06	8.0472	12.07
13	233.13	9.1175	13.676	59	239.1	5.5145	8.271
14	195.52	9.1175	13.676	60	247.74	10.3859	15.578
15	200.67	10.015	15.022	61	227.67	14.291	21.436
16	230.7	9.85	14.775	62	223.5	13.9726	20.958
17	259.41	7.35	11.025	63	238.41	12.1446	18.216
18	214.43	9.5962	14.394	64	241.3	7.8375	11.756
19	230.7	10.5644	15.846	65	236.14	8.348	12.522
20	274.98	4.9986	7.497	66	253.03	7.5862	11.379
21	181.66	6.2299	9.344	67	252.12	8.0945	12.141
22	184.01	8.1821	12.273	68	254.1	8.206	12.309
23	193.74	6.421	9.631	69	259.36	5.9778	8.966
24	187.28	9.3876	14.081	70	251.57	5.1218	7.682
25	222.3	8.2748	12.412	71	255.9	6.6258	9.938
26	195.64	9.5902	14.385	72	241.85	8.04471	12.067
27	211.91	12.2086	18.312	73	230.2	10.0072	15.010

28	218.93	14.3157	21.473	74	237.53	6.9517	10.427
29	208.13	9.675	14.512	75	227.05	5.8184	8.727
30	238.5	5.325	7.987	76	210.75	8.355	12.532
31	212.57	8.7275	13.091	77	210.47	10.9962	16.494
32	213.86	8.762	13.143	78	222.16	6.0694	9.104
33	217.19	12.5743	18.861	79	241.16	8.6625	12.993
34	223.02	10.2486	15.372	80	255.62	6.9819	10.472
35	238.99	5.6375	8.456	81	260	5.299	7.948
36	258.46	6.8225	10.233	82	267.58	7.3887	11.083
37	249.65	10.4167	15.625	83	250	9.6304	14.445
38	272.75	7.9204	11.88	84	244.59	6.119	9.178
39	275.96	12.6901	19.035	85	242.47	7.4315	11.147
40	267.16	7.1721	10.758	86	245.46	6.7613	10.141
41	241.5	11.6038	17.405	87	250.5	6.9135	10.37
42	275	5.2504	7.875	88	265	8.061	12.091
43	205.48	6.4431	9.664	89	261.22	8.0409	12.061
44	190.71	8.7644	13.146	90	269.78	10.4884	15.732
45	229.98	8.107	12.16	91	237.89	5.0727	7.609
46	223.71	12.8081	19.212				

4.1.3 CÁLCULO DEL CAUDAL

En todo este proyecto va a ver principalmente 3 grandes consumos:

- Los hidrantes situados en la red de Riego TI.
- La Balsa de Regulación.
- Los hidrantes situados en la red de Riegos TN.

La red de Riego TI está formada por 68 hidrantes (los 68 primeros hidrantes de la tabla anterior). Si se realiza la suma total de su superficie:

$$\Sigma_{\text{sup}}(1...68) = 632.1814 \text{ hectáreas}$$

Si se aplica la regla de las dotaciones:

$$632.1814 \times 0.34 = 214.94 \text{ l/s} = 0.21494 \text{ m}^3/\text{s}$$

La Balsa se ha estimado que tendrá una capacidad de 37471.66 m³. Se ha decidido que la Balsa tendrá siempre un almacenamiento siempre disponible por seguridad de 15000 m³. Por tanto, cuando haya que rellenarla, se necesitará un volumen de agua de 22471.66 m³. Se estima que al cabo de una semana, en los meses más desfavorables, las bombas funcionarán durante 124 h, con lo que se puede establecer que el caudal pensado para el llenado de la balsa será de:

$$22471.66/124 = 181.223 \text{ m}^3/\text{h} = 0.05034 \text{ m}^3/\text{s}$$

La red de Riego TN está formada por 23 hidrantes (del 69 al 91). Si se realiza la suma total de su superficie:

$$\Sigma_{\text{sup}}(69\dots 91) = 170.8188 \text{ hectáreas}$$

Si se aplica la regla de las dotaciones:

$$170.8188 \times 1.05 = 179.36 \text{ l/s} = 0.17936 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal pensado que circulará por la tubería de impulsión TI será de:

$$0.21494 + 0.05034 + 0.17936 = 0.44464 \text{ m}^3/\text{s}$$

Señalar que las condiciones que se han impuesto son muy desfavorables, con lo que es prácticamente imposible que estas lleguen a ocurrir alguna vez.

4.1.4 ELECCIÓN DE LAS BOMBAS

ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE AGUA

Aunque no se va a tratar en este proyecto la electrificación de la Captación, conviene saber las características de las bombas instaladas para ver en que punto habrá que colocar la Estación de Rebombeo General. Por las características de la instalación, se van a instalar electrobombas sumergibles.

Para entender la elección de la bomba conviene saber los cálculos realizados en una hoja Excel cuyos resultados están expuestos en la tabla "Funcionamiento de la Red TI con Bombeo", para conseguir cumplir con las condiciones de caudal citadas y vencer parte del desnivel geográfico existente la electrobomba elegida es una SAER ELETROPOMPE modelo S-302B/6A cuyas hojas de características vienen indicadas en las pag 240 y 241. Señalar que el proceso de cálculo de la tabla "Funcionamiento de la Red TI con Bombeo" será explicado en el apartado "Fórmulas a emplear" a partir de la página 217.

En la hoja de características se puede observar el punto de funcionamiento elegido:

$$Q \text{ (m}^3/\text{h)} = 275 \rightarrow h \text{ (mca)} = 241$$

Si Q se pasa a m³/s $\rightarrow 0.07638 \text{ m}^3/\text{s}$

Para saber el número de bombas que son necesarias:

$$0.44464 / 0.07638 = 5.82 \approx 6 \text{ electrobombas sumergibles}$$

En cuanto a la localización del punto a colocar la Estación de Rebombeo General se han seguido los siguientes pasos:

- Se deja una presión de llenado para la pequeña balsa de la Estación de 1 bar. Se pasa a m.c.a.

$$(1 \times 10.33) / 1.013 = 10.19 \text{ mca.}$$

- Según la hoja de cálculos, la electrobomba tiene que suministrar una presión inicial de 13.9 bar para mantener al menos las condiciones de presión calculadas en la tabla "Funcionamiento de la Red TI con bombeo".

$$(13.9 \times 10.33) / 1.013 = 141.74 \text{ mca.}$$

- La energía sobrante que podrá suministrar al fluido para el trayecto por la tubería será:

$$241 - 141.74 - 10.19 = 89.07 \text{ mca.}$$

- En esta tabla de resultados, la tubería TI está calculada por tramos. El término hs corresponde con la aportación que tendría que hacer la electrobomba (o bomba si hubiese) en ese tramo determinado. Por tanto, el fluido podrá llegar hasta que la suma de los diferentes tramos sume algo menos de 89.07.

$$\Sigma h_s(0.67 + 0.08 + 0.67 + \dots + 2.02 + 9.09 + 1.64) = 84.19 < 89.07 \text{ mca.}$$

Lo que resulta es que la Estación de Rebombeo General se situará justo pasado el hidrante 44 a una cota de 190.71 m.

Destacar que estas electroválvulas van a alimentar los hidrantes del 1 al 44. Cuando no estén en funcionamiento se alimentarán por gravedad procedente de la balsa.

También decir que por ejemplo en el punto donde se colocará la Estación el caudal que sale es mayor que el caudal inicial ($0.47867 > 0.44464$). Esto es debido a que el coeficiente dotaciones va variando en función del número de hidrantes que se tengan en cada momento en cuenta, lo que indica que se hubiese podido ser un poco más estricto a la hora de las probabilidades.

ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL

A la hora de calcular el caudal que le correspondería bombear a esta Estación hay que contar con los hidrantes del 45 al 68 que quedan en la red de Riego TI, además de los de la red de Riego TN. En total 46. Si se suma la superficie de todos estos hidrantes:

$$\Sigma_{sup}(45 \dots 91) = 392.854 \text{ hectáreas}$$

Aplicando la regla de las dotaciones:

$$392.854 \times 0.51 = 200.35 \text{ l/s} = 0.20035 \text{ m}^3/\text{s}$$

También con los consumos posteriores (la Balsa de Regulación), el caudal a bombear queda:

$$0.20035 + 0.05034 = 0.25069 \text{ m}^3/\text{s}$$

Viendo el caudal y la altura que falta hasta la Balsa, se opta por usar una bomba Caprari, modelo PML 150 a 1450 r.p.m. (sus hojas de características vienen expuestas a partir de la pag 242). Para realizar el cálculo del número de bombas que se necesitan primero hay que fijarse en el caudal,

en la fila de m³/h, en el dato 208.8. Si se pasan a m³/s son 0.058.

Se calcula el número de bombas:

$$0.25069/0.058 = 4.32 \approx 5 \text{ bombas}$$

La diferencia de alturas entre la Balsa y la Estación de Rebombéo General es de:

$$310.03-190.71 = 119.32 \text{ mca.}$$

Si se cuenta con una presión de llenado de 1.5 bares:

$$(1.5 \times 10.33)/1.013 = 15.29 \text{ mca.}$$

La suma de los términos h_s en los tramos hasta la Balsa es de:

$$\Sigma h_s(5.25+3.82+\dots+0.73+15.04) = 49.07 \text{ mca.}$$

La suma de todos estos términos de energía es:

$$119.32+15.29+49.07 = 183.68 \text{ mca.}$$

Lo que significa que la bomba elegida tendrá que superar esta cifra de energía. Si nos fijamos en la hoja de características de la bomba se observa que el fabricante proporciona diferentes tipos de rodets (A, B, C, D, E, F y G). Cada tipo de rodete tiene unas características que vienen explicadas gráficamente como la potencia necesaria y la altura que es capaz de alcanzar un rodete. También cabe indicar que es posible mezclar las características de 2 rodets próximos (los rodets se diferencian unos de otros por una serie de detalles en su construcción). Por ejemplo para la bomba se han elegido rodets tipo AB. Se puede determinar que para el caudal elegido cada rodete supone una altura de 24 mca, por lo que:

$$24 \times 8 = 192 \text{ mca} > 183.68 \text{ mca}$$

Se necesitan 8 rodets. También se observa que el rendimiento de la bomba es de 77.2%.

Según el fabricante, la comprobación de que esta configuración es correcta sería la siguiente:

- N: Es la potencia absorbida en kW.
- n: son las r.p.m.

El catálogo dice que N/n max = 0.24. Se tiene que:

$$N = 19.2 \times 8 = 153.6 \qquad n = 1450$$

Lo que significa que:

$$N/n = 153.6/1450 = 0.10 < 0.24 \rightarrow \text{Es correcta}$$

La nomenclatura correcta a la hora de solicitar esta bomba a la empresa sería PML 150/8 AB. Pero esta bomba va a tener que ser movida por un motor eléctrico. El fabricante aconseja para este caso un motor de 160 kW.

4.1.5 FÓRMULAS A EMPLEAR

En este apartado lo que se va a realizar va a ser una explicación general de las fórmulas empleadas y del proceso de cálculo llevado a cabo para calcular los parámetros hidráulicos en toda la tubería TI.

Primero resaltar que se han realizado 2 cálculos:

- El primero suponiendo la alimentación de todos los hidrantes situados en la red de Riegos TI por gravedad a través de la Balsa de Regulación, cosa que es posible (salvo contados hidrantes en la tubería TI-9) por la altura geométrica a la que está situada la Balsa. Estos resultados vienen expresados en la tabla de resultados "Funcionamiento de la Red TI sin Bombeo".
- El segundo donde ya se supone que el flujo o caudal circula en sentido contrario. Para ello es fundamental un aporte de presión (al principio por parte de las electrobombas, luego ya de las bombas). Estos resultados están en la tabla de resultados "Funcionamiento de la Red TI con Bombeo".

Los 2 cálculos son muy parecidos con la única diferencia de que en el cálculo con bombeo hay que añadir un término adicional a la ecuación de Bernoulli, el término h_s que representa la energía que la bomba tiene que suministrar al fluido en un determinado tramo de tubería para conseguir unas determinadas condiciones, como por ejemplo llevar agua a una cota superior o conseguir aumentar la presión del fluido.

Visto desde otro punto de vista también representa la altura de carga del sistema.

Por lo demás, las fórmulas usadas son exactamente las mismas.

Como ya se ha nombrado en el apartado de "Elección de las bombas" el sistema de cálculo consiste en ir calculando tramo a tramo los parámetros hidráulicos usando como caudal el resultado de ir aplicando la regla de dotaciones explicada en el apartado "Dotaciones". También señalar que esto nos asegura unas condiciones de caudal claramente desfavorables, con lo que es muy probable que en la mayoría de momentos las pérdidas de carga sean menores.

Los datos de los que se dispone son las necesidades hídricas, es decir, los caudales; el trazado de todas las tuberías con sus perfiles geográficos (se encuentran a partir de la pag 228, pero sin conocer el diámetro de las mismas; además de datos proporcionados por los fabricantes como:

- La rugosidad absoluta (ϵ) en mm que para el PVC es 0.002776 y para el PRFC es 0.029.
- Las pérdidas de carga producidas en el hidrante, en el regulador de presión y limitador de caudal, en el contador y las debidas a las válvulas de seccionamiento de principio de línea. A partir de la pag 246 se muestran los diagramas de pérdida de carga en función del caudal.

El criterio llevado a cabo para la elección de los materiales en tuberías es:

Diámetro (\varnothing)	Presión nominal	Material
<630 mm	≤ 10 bar	PVC
<630 mm	>10 bar	PRFC
700< \varnothing <800 mm	-	PRFV

Para la tubería principal TI solo se ha usado PRFV, pero señalar que aunque no venga
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

reflejado en este proyecto ya que su cálculo no influye a la hora de elegir el tamaño de la bomba, en las derivaciones de la tubería TI se usaría en la mayor parte de los casos como material el PVC.

También decir que se han considerado los tramos como una trayectoria recta, es decir, no se han tenido en cuenta las pérdidas asociadas a los cambios de dirección, aunque ya el diseño del trazado ha sido diseñado para intentar evitar dentro de lo posible los codos.

Para calcular las pérdidas de carga que se producen en las tuberías se ha usado la ECUACIÓN DE BERNOULLI:

$$h_1 + (P_1/\gamma_1) + [(V_1^2)/(2 \times g)] + h_s = h_2 + (P_2/\gamma_2) + [(V_2^2)/(2 \times g)] + \Delta h$$

Donde:

h_1, h_2 Término energético que hace referencia a las alturas geográficas en los puntos 1 y 2 respectivamente. Se expresa en m.

$(P_1/\gamma_1), (P_2/\gamma_2)$ Término energético que hace referencia a la presión en los puntos 1 y 2 respectivamente. En sistemas de conducción de fluidos, en este caso el agua, es habitual como unidad el metro de columna de agua (mca) donde la equivalencia con otras unidades de presión es:

$$P_{atm} = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar} = 1.033 \text{ Kg/cm}^2 = 10.33 \text{ mca}$$

$(V_1^2)/(2 \times g), (V_2^2)/(2 \times g)$ Término correspondiente a la energía cinética que lleva el fluido. V en m/s y g en m/s².

h_s Altura de carga del sistema, que será igual a la altura que nos suministre la bomba cuando esta se acople al sistema (mca).

Δh Pérdida de energía total en el sistema (mca).

Precisamente si se descomponen estas Δh se tiene:

$$\Delta h = \Delta h_{hid} + \Delta h_{rl} + \Delta h_{con} + \Delta h_{valv} + IL$$

Siendo:

Δh_{hid} Pérdida de carga o de energía en el hidrante, en mca.

Δh_{rl} P.c. debida al regulador de presión y al limitador de caudal, en mca.

Δh_{con} P.c. debidas al contador, en mca.

Δh_{valv} P.c. debida a la válvula de seccionamiento y/o a la de retención, en mca.

I Es la p.c. por unidad de longitud en la tubería, en mca/m.

L Longitud en m de la tubería.

Para calcular la I se hace uso de la ECUACIÓN DE DARCY

$$I = (f \times V^2) / (D \times 2 \times g)$$

En donde:

F Coeficiente de fricción.

V Velocidad media en la tubería en m/s.

D Diámetro de la tubería en mm.

g Aceleración de la gravedad en m/s². Se considera 9.8 m/s².

Por tanto, para calcular las pérdidas de carga totales habrá que multiplicarlo por la longitud (L) en m de la tubería, quedándonos en total IL, término que también se denomina hf.

El coeficiente de fricción "f" es función del número de Reynolds R y de la rugosidad relativa ϵ/D , y se puede calcular o bien gráficamente mediante el diagrama de Moody o bien analíticamente con la FÓRMULA DE COLEBROOK:

$$(1/\sqrt{f}) = -2 \log_{10}\{[(\epsilon/D)/3,7] + [2,51/(R\sqrt{f})]\}$$

Lo que hay que ver de esta fórmula de Colebrook es que:

$$R = (V \times D) / \nu \text{ y que la rugosidad relativa} = \epsilon/D$$

Con la novedad de que:

R Número de Reynolds.

V Viscosidad cinemática del agua, cuyo valor considerado es $\nu(17^\circ\text{C}) = 1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

ϵ Rugosidad absoluta, en mm.

Tenemos que observar que tenemos que introducir el dato del caudal, que es un dato conocido, en la ecuación de Darcy. Para ello, vamos a tener que hacer el siguiente cambio:

$$Q = V \times A = V \times (\pi R^2) = V \times (\pi (D/2)^2) \rightarrow V = Q / (\pi (D/2)^2) = (4Q) / (\pi D^2)$$

Destacar que en la ecuación de Bernoulli, para este caso en concreto, el término de energía cinética se puede suprimir ya que a lo largo de un tramo de tubería, la velocidad del fluido tanto al principio como al final, al ser el diámetro de la tubería constante, se va a mantener igual. Ciertamente es que en las 2 tablas de resultados hay una columna referida al término cinético, pero precisamente se ha calculado para ver como su valor resulta despreciable comparado tanto con el término de altura como el de presión.

El cálculo hidráulico que se ha realizado consiste básicamente en 2 partes:

- Cálculo del diámetro conocidos Δh y Q, que se denomina comúnmente parte de DISEÑO.
- Cálculo de Δh conocidos Q y D, supuesto que ϵ y L son datos, denominado ANÁLISIS DE PRESIONES.

Primero se va explicar el cálculo de la tabla de resultados "Funcionamiento de la Red TI sin bombeo" y a continuación se hará lo mismo con el cálculo de "Funcionamiento de la Red TI con bombeo".

4.1.5.1 Funcionamiento de la Red TI sin bombeo

Este caso corresponde al sentido de circulación del fluido de la Balsa hacia la Estación de Captación. Por tanto, por verlo en un ejemplo, el subíndice "1" (punto inicial) correspondería con la situación de la Balsa mientras que el subíndice "2" (punto final) correspondería en este caso con la derivación de la tubería TI-17. En el siguiente tramo el punto de la derivación con la tubería TI-17 pasa a ser el punto inicial y el punto con la derivación con la tubería TI-10 punto final y así sucesivamente. A su vez, para saber el caudal, en cada uno de estos tramos se aplica lo explicado en el apartado "Dotaciones" en la pag 211.

Por tanto los datos conocidos iniciales son:

- $h_{Balsa} = h_1 = 310.03 \text{ m}$
- $P_{Balsa/Yagua} = P_1/Y_1 = 0 \text{ mca} \rightarrow$ El agua se estanca, sin presión.
- Alturas gravitatorias de hidrantes y derivaciones en la tubería TI.
- Q en cada tramo e hidrante.
- Δh_{hid} , Δh_{rl} , Δh_{con} y Δh_{valv} ya que se conoce Q .
- $v(17^\circ\text{C}) = 1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.
- ε donde la elección entre PVC o PRFC dependerá del término de presión P/Y . Para presiones de hasta 10 bar se puede usar PVC, para presiones superiores mucho mejor usar PRFC.

Una vez sabido esto se realiza la parte de DISEÑO.

Para empezar conviene recordar que al principio de esta página se ha despejado la velocidad. Entonces lo sustituiríamos en la ecuación de Darcy ya que el dato de la velocidad V no lo conocemos. Pensando en la forma de la expresión de la fórmula de Colebrook y en que lo que nos interesa es calcular el diámetro despejaríamos en la fórmula de Darcy lo siguiente:

$$(1/\sqrt{f}) = \sqrt{[(8L) / (\pi^2 \times g \times h_f)] \times [Q/D^{2.5}]} = K \times D^{-2.5}$$

y sustituyendo en la fórmula de Colebrook:

$$K \times D^{-2.5} = -2 \log_{10} \{ [\varepsilon / (3.7D)] + [(2.51 K \pi v) / (4 Q D^{1.5})] \} \rightarrow$$

$$D = [-(2/K) \log_{10} \{ [\varepsilon / (3.7D)] + [(2.51 K \pi v) / (4 Q D^{1.5})] \}]^{-0.4}$$

nos proporciona una expresión del tipo $D = G(D)$ mediante la cual podemos realizar un cálculo iterativo de punto fijo. Si se despeja de la ecuación de la pérdida de carga (ecuación de Darcy multiplicado por la longitud) el diámetro D queda:

$$D = [(8 \times f \times L \times Q^2) / (g \times h_f \times \pi^2)]^{0.2}$$

Para iniciar el cálculo se considera un primer valor del factor de fricción f' y se sustituye en la ecuación anterior quedando:

$$D' = [(8 \times f' \times L \times Q^2) / (g \times h_f \times \pi^2)]^{0.2}$$

Con el diámetro D' obtenido, sustituimos en la ecuación anterior de Colebrook, obteniendo un segundo valor como $D'' = G(D')$, y así continuaría hasta que la diferencia entre dos diámetros sucesivos calculados sea despreciable (límite de convergencia del proceso).

Todo este proceso se realiza a través de una hoja Excel. Por tanto tan solo puede haber una incógnita para que el programa realice los cálculos. Lo que significa que el término de presión en el punto final (h_2/Y_2) hay que suponerlo inicialmente, al igual que como se ha dicho anteriormente la f . Esto tampoco supone un problema ya que lo que hay que intentar conseguir en un correcto diseño de riego es que las pérdidas en la tubería sean lo menor posible; y también en este caso es muy importante conseguir presiones en la tubería entre 7 y 12 bares para así poder alimentar las derivaciones de la tubería TI.

Cabe señalar que el diámetro final obtenido D corresponde a un diámetro interior.

Evidentemente D no se ajusta generalmente a los tamaños estándar del mercado. Estos tamaños de mercado son:

Tubería PRFV presión serie PN 6		
D. nominal	Espesor	D. interior
300	3.5	293
350	3.8	342.4
400	4.3	391.4
450	4.8	440.4
500	5.2	489.6
600	6	588
700	6.8	686.4
800	7.6	784.8

Tubería PRFV presión serie PN 10		
D. nominal	Espesor	D. interior
300	5.7	288.6
350	6.3	337.4
400	6.9	386.2
450	7.5	435
500	8.1	483.8
600	9.3	581.4
700	10.3	679.4
800	11.3	777.4

Tubería PRFV presión serie PN 16		
D. nominal	Espesor	D. interior
300	8.9	282.2
350	9.5	331
400	10.1	379.8
450	10.8	428.4
500	11.5	477
600	12.2	575.6
700	12.9	674.2
800	13.6	772.8

Tubería PRFV presión serie PN 25		
D. nominal	Espesor	D. interior
300	12.5	275
350	13.1	323.8
400	13.8	372.4
450	14.5	421
500	15.2	469.6
600	15.9	568.2
700	16.6	666.8
800	17.3	765.4

El hecho de que el diámetro final que se vaya a instalar no coincida con el diámetro calculado en lo que repercute es un pequeño error en el cálculo de la presión en el punto final. Este error se puede solventar realizando un ANÁLISIS DE PRESIONES.

El único problema se limita al cálculo del factor de fricción $f = f(\epsilon_r, Re)$, que puede realizarse bien mediante el diagrama de Moody o bien como se ha realizado aquí con la fórmula de Colebrook (suponiendo como así es que el régimen es turbulento).

Despejando de la fórmula de Colebrook obtenemos:

$$f = G(f) = 0.25 / \{ \log_{10} [(\epsilon_r / 3.7) + 2.51 / (R \times \sqrt{f})] \}^2$$

Para obtener f mediante un proceso iterativo comenzaremos con un valor f' que sustituido en $G(f)$ nos dará como resultado $f'' = G(f')$. Luego para obtener $f''' = G(f'')$ y así sucesivamente hasta que el valor en ambos términos de la igualdad se considere lo suficientemente aproximado como para darlo válido.

Con esta fresultante calculamos la nueva pérdida de carga IL' :

$$IL' = (8 \times f' \times L \times Q^2) / (\pi^2 \times g \times D^5)$$

Para calcular de nuevo las nuevas pérdidas totales, $\Delta h'$, habrá que sumar la pérdida de carga en los instrumentos. Por tanto nos quedaría:

$$\Delta h' = IL' + \Delta h_{hid} + \Delta h_{rl} + \Delta h_{con} + \Delta h_{valv}$$

Con lo que resulta que despejando el término P_2/Y_2 de la ecuación de Bernoulli obtendremos la presión en el punto desconocido, eso si en mca. Una vez conocido el diámetro D de la tubería se puede saber la velocidad del fluido:

$$V_{agua} = (4Q) / (\pi D^2)$$

El término de la energía cinética quedaría:

$$V^2 / (2 \times g)$$

En la pag 224 está la tabla de resultados "Funcionamiento de la Red TI sin Bombeo" donde para aclarar decir que:

- $P_{inic\ tramo}$ → Punto inicial del tramo.
- Tub → Tubería.
- $D_{res} (mm)$ → Diámetro resultante tras la parte de DISEÑO, en mm.
- $E. cin (mca)$ → Energía cinética del agua, en mca.
- $P.C ins (mca)$ → Pérdida de carga en los instrumentos (hidrante, hidrómetro, contador, válvulas) en mca.
- $P.C.tub (mca)$ → Pérdida de carga en tubería, en mca.
- $P. cal (bar)$ → Presión calculada en bares.
- f → Coeficiente de fricción.
- $D (mm)$ → Diámetro comercial en mm.
- Observaciones → Decir que esta puesta la presión nominal (PN) de la tubería y si el tramo coincide al final con un hidrante, se pone el diámetro en pulgadas de válvula e hidrómetro y el tipo de hidrante. Sus gráficas de la pérdidas de carga están a partir de la pag 247.

4.1.5.2 Funcionamiento de la Red TI con bombeo

El cálculo es bastante parecido al caso anterior con el inconveniente que ahora hay que tener en cuenta en la Ecuación de Bernoulli el término h_s .

Este caso corresponde al sentido de circulación del fluido de la Estación de Captación hacia la Balsa. Por tanto, por verlo en un ejemplo, el subíndice "1" (punto inicial) correspondería con la derivación con la tubería TI-17 mientras que el subíndice "2" (punto final) correspondería en este caso con la situación de la Balsa. En el siguiente tramo el punto de la derivación con la tubería TI-10 pasa a ser el punto inicial y el punto con la derivación con la tubería TI-17 punto final y así sucesivamente. A su vez, para saber el caudal, en cada uno de estos tramos se aplica lo explicado en el apartado "Dotaciones" en la pag 211.

Los datos conocidos iniciales son los mismos que en el caso anterior, con la apreciación de los subíndices explicada en el párrafo anterior.

En la parte de DISEÑO es prácticamente lo mismo que antes, pero claro al estar el término " h_s " hay una 2ª incógnita. Para solucionarlo conviene señalar que para un correcto funcionamiento de toda la red TI, lo más conveniente es que las presiones tanto para cuando esta red se sirve de la gravedad como cuando funciona mediante el bombeo, sean lo más similares dentro de lo posible. Por tanto, como ya conocemos los términos de presión a lo largo de la tubería TI para el caso de la gravedad porque vienen expresados en la tabla "Funcionamiento de la Red TI sin Bombeo" a la hora de hacer los cálculos para el caso del bombeo nos tenemos que basar e intentar conseguir esos

valores de presión. Entonces con esta apreciación, se habrán de suponer inicialmente algunos valores como P_1/Y_1 , Δh y f . Se ha realizado de forma que las pérdidas Δh fuesen lo menor posible o al menos una cantidad razonable y además h_s diese un valor superior a las pérdidas de carga en la tubería, para que así nos salga como una contribución de la bomba a la energía del fluido. Cabe reseñar que tanto P_1/Y_1 como h_s representan al fin y al cabo lo mismo ya que el valor que salga en el último tramo (es decir en la Captación) de P_1/Y_1 será lo que tenga que suministrar la electrobomba para conseguir las condiciones de presión impuestas a lo largo de la tubería. Es muy importante que a lo largo de la tubería haya una cierta presión, lo más homogénea posible al caso anterior, para así poder alimentar las derivaciones de la tubería TI. Por tanto, es imprescindible realizar primero los cálculos para el caso de la red TI sin bombeo y luego hacer volver a hacer el caso suponiendo el bombeo.

Por lo demás, la iteración para calcular el diámetro es exactamente la misma.

Luego, al igual que antes, habría que realizar un ANÁLISIS DE PRESIONES. La iteración para calcular el coeficiente de fricción es exactamente la misma. La única diferencia es que ahora una vez sabidas las pérdidas totales, se vuelve a calcular el término h_s . El término P_1/Y_1 se deja el mismo.

En la pag 226 está la tabla de resultados “Funcionamiento de la Red TI con Bombeo” donde como novedad encontramos la columna h_s .

4.1.6 TABLAS DE RESULTADOS Y GRÁFICAS DE TUBERÍAS

Cálculos hidráulicos

TABLA DE RESULTADOS													
FUNCIONAMIENTO DE LA RED TI sin BOMBEO													
P inic tramo	Tub	L (m)	Cota (m)	Q (m³/s)	D res (mm)	V (m/s)	E. cin (mca)	P.C.ins (mca)	P.C.tub (mca)	P. cal (bar)	f	D (mm)	Observaciones
Balsa	TI	1298	310.03	0.21494	635	0.5929	0.0302	5	2.28	0	0.0666	700	Valv. de secc. de 28", tub PN 10
TI-17	TI	159	248.71	0.20939	649	0.5776	0.0294	0	0.26	5.29	0.0666	700	Tub PN 10
TI-10	TI	423	246.23	0.2165	612	0.5972	0.0304	1.62	0.75	5.5	0.0666	700	Uso de valv de 6", hid F-82, hidro de 4", tub PN 10
65	TI	285	236.14	0.20398	640	0.5627	0.0287	0	0.45	6.25	0.0666	700	Tub PN 10
TI-15	TI	564	231.95	0.20131	646	0.5639	0.0287	0	0.9	6.61	0.0668	700	Tub PN 16
TI-8	TI	204	222.75	0.16712	504	0.4681	0.0238	3	0.22	7.42	0.0668	700	Valv. De secc. de 28", tub PN 16
TI-13	TI	288	222.93	0.17645	563	0.4943	0.0252	1.05	0.35	7.08	0.0668	700	Uso valv de 6", hid A-102, hidro de 4", tub PN 16
52	TI	476	217.67	0.16906	659	0.4736	0.0241	1.5	0.53	7.45	0.0688	700	Uso valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
51	TI	385	210.97	0.15888	564	0.4451	0.0227	0	0.38	7.9	0.0688	700	Tub PN 16
TI-11	TI	315	199.75	0.1422	545	0.5465	0.0278	0	0.58	8.96	0.0718	600	Tub PN 16
TI-6	TI	368	196.5	0.14961	533	0.575	0.0293	1.65	0.77	9.21	0.0718	600	Uso valv de 6", hid F-82, hidro de 2 1/2", tub PN 16
44	TI	133	190.71	0.13646	466	0.5244	0.0267	0	0.23	9.53	0.0718	600	Tub PN 16
TI-9	TI	500	189.26	0.16691	560	0.6414	0.0327	3.94	1.3	9.64	0.0718	600	Valv de 6",hid A-102,hydro 4",tub PN 16,v secc 24"
24	TI	34	187.28	0.24516	422	0.9421	0.048	0	0.19	9.31	0.0718	600	Tub PN 16
TI-4	TI	54.1	187.36	0.22925	508	0.881	0.0449	0	0.26	9.28	0.0718	600	Tub PN 16
TI-7	TI	300	187.65	0.23153	649	0.6485	0.033	1.33	0.63	9.22	0.0668	700	Uso valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
21	TI	330	181.66	0.22219	597	0.6224	0.0317	0	0.64	9.61	0.0668	700	Tub PN 16
TI-5	TI	55	177.45	0.14167	404	0.7928	0.0404	0.95	0.29	9.95	0.0785	500	Uso valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
9	TI	200	177.31	0.13391	516	0.5146	0.0262	0	0.33	9.84	0.0718	600	Tub PN 16
TI-2	TI	62	174.05	0.11027	358	0.6171	0.0314	1.25	0.19	10.12	0.0786	500	Uso valv de 6", hid A-102, hidro de 4", tub PN 16
6	TI	467	173.06	0.09796	527	0.3765	0.0192	11.8	0.4	10.07	0.0719	600	Uso valv de 8", hid A-102, hidro de 4", tub PN 16
5	TI	500	169.21	0.05721	397	0.3201	0.0163	0	0.43	9.42	0.0786	500	Tub PN 16
TI-3	TI	110	159.06	0.03032	252	0.4848	0.0247	2.84	0.48	10.37	0.1033	300	Uso valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
2	TI	1222	158.08	0.01813	305	0.1599	0.0883	0	0.37	10.14	0.0883	400	Tub PN 16
TI-1	TI	996	148.08	0.24516	635	0.702	0.0358	0	2.52	11.08	0.0671	700	Tub PN 25
P bajo	TI	595	131.35	0.24516	703	0.5237	0.0267	0	0.67	12.47	0.0629	800	Tub PN 16
P1572	TI	138	162.55	0.24516	577	0.6867	0.035	0	0.32	9.34	0.0668	700	Tub PN 16
P1434	TI	993	158.11	0.24516	645	0.6867	0.035	0	2.36	9.75	0.0668	700	Tub PN 16
P 441	TI	69	175	0.24516	643	0.6867	0.035	0	0.16	7.86	0.0668	700	Tub PN 16

Cálculos hidráulicos

P 372	TI	372	172.34	0.24516	615	0.6867	0.035	0	0.88	8.1	0.0668	700	Tub PN 16
-------	----	-----	--------	---------	-----	--------	-------	---	------	-----	--------	-----	-----------

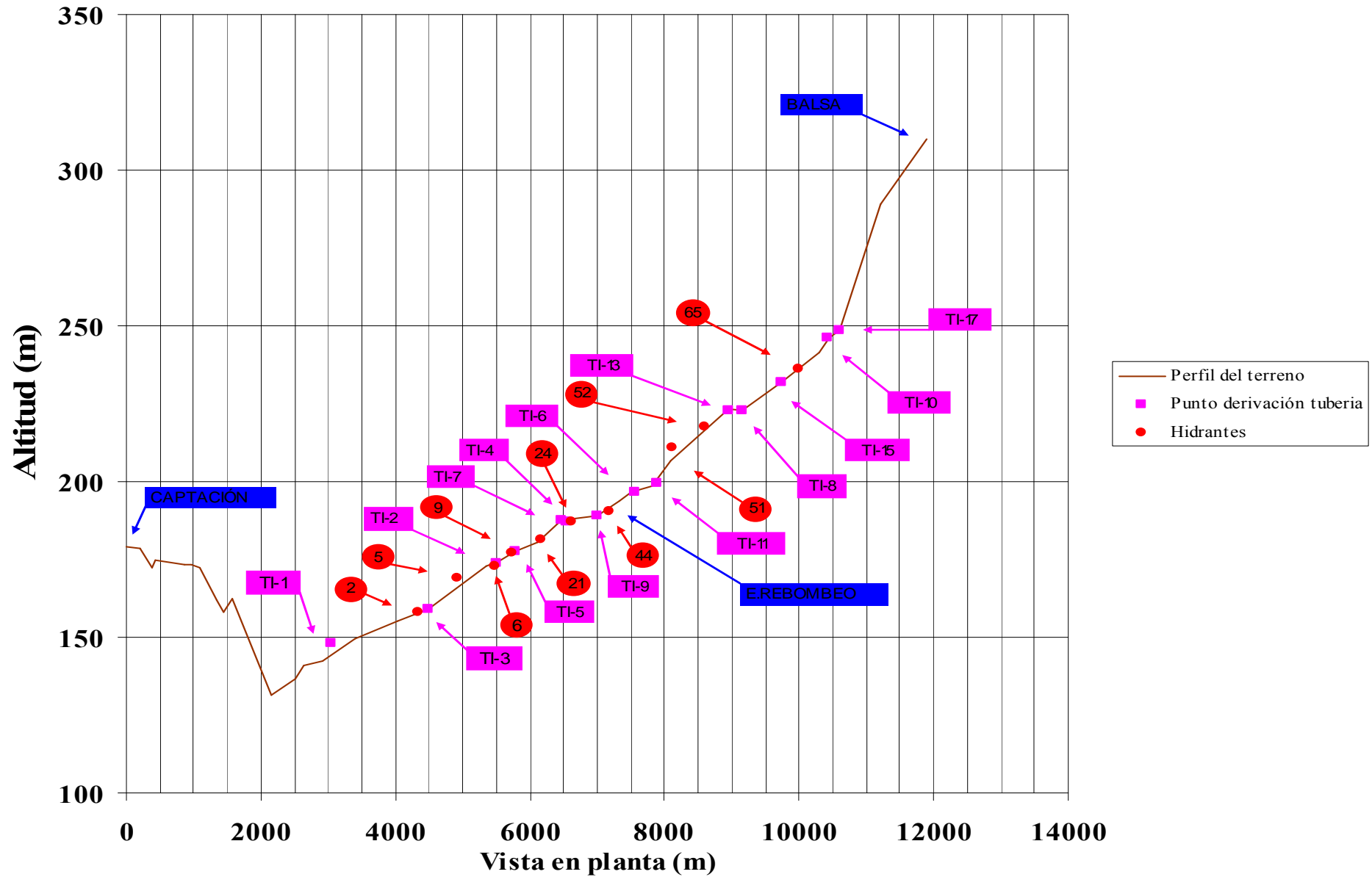
Cálculos hidráulicos

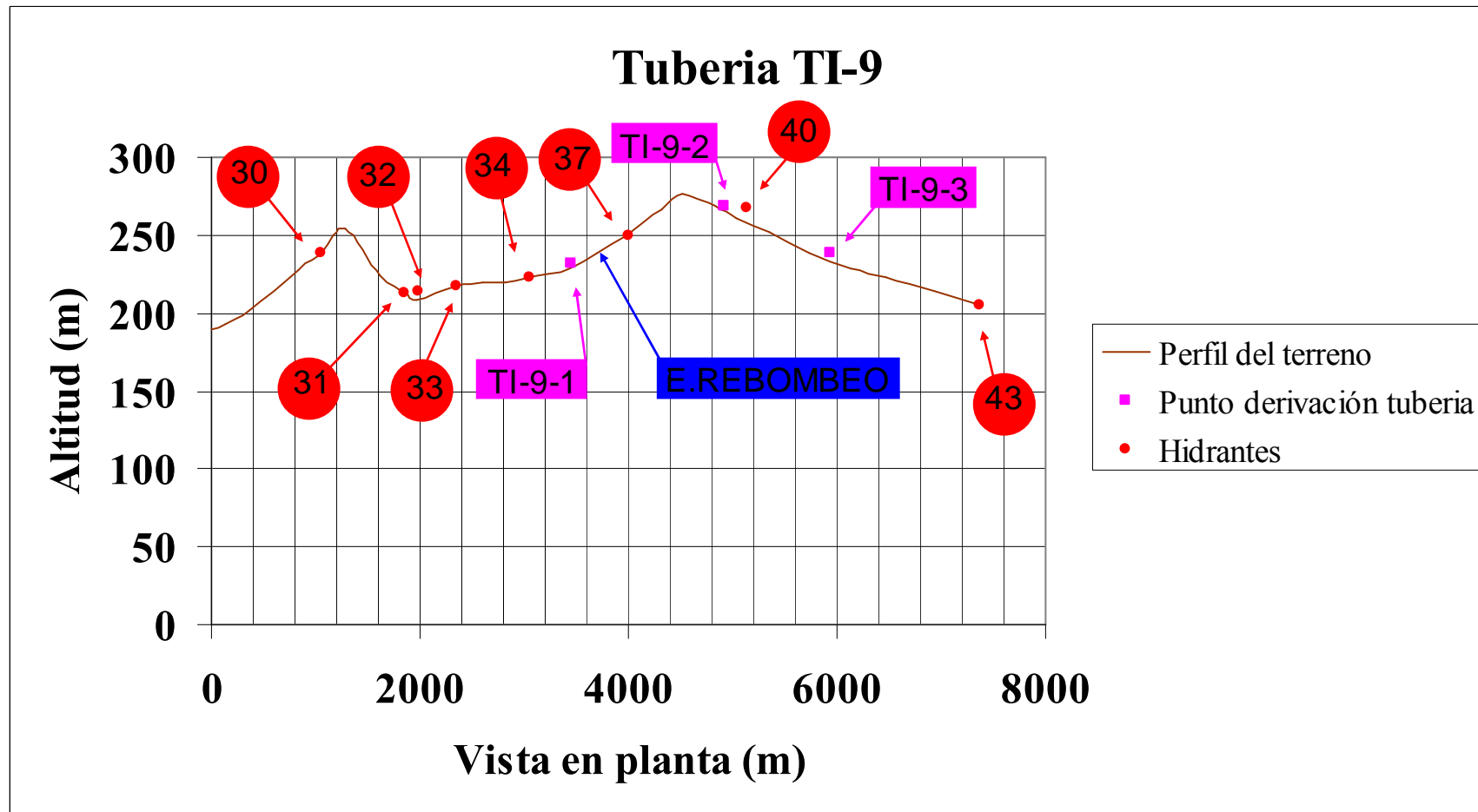
TABLA DE RESULTADOS														
FUNCIONAMIENTO DE LA RED TI con BOMBEO														
P fin tramo	Tub	L (m)	Cota (m)	Q (m³/s)	D res (mm)	V (m/s)	E. cin (mca)	P.C ins (mca)	P.C.tub (mca)	hs (mca)	P. cal (bar)	f	D (mm)	Observaciones
Balsa	TI	1298	310.03	0.2297	669	0.641	0.0327	5	2.66	15.04	0	0.0666	700	Valv. de secc. de 28", tub PN 10
TI-17	TI	159	248.71	0.25684	664	0.7085	0.0361	0	0.39	0.73	5.29	0.0666	700	Tub PN 10
TI-10	TI	423	246.23	0.26821	665	0.7398	0.0376	0	1.15	3.6	5.5	0.0666	700	Tub PN 10
65	TI	285	236.14	0.28074	641	0.7744	0.0395	1.63	0.85	3	6.25	0.0666	700	Uso de valv de 6", hid F-82, hidro de 4", tub PN 10
TI-15	TI	564	231.95	0.28949	660	0.7985	0.0407	0	1.79	0.9	6.61	0.0666	700	Tub PN 10
TI-8	TI	204	222.75	0.41169	663	1.1356	0.0579	3	1.31	9.23	7.6	0.0668	700	Valv. de secc. de 28", tub PN 16
TI-13	TI	288	222.93	0.40987	637	1.131	0.0577	0	1.84	3.02	7.1	0.0668	700	Tub PN 16
52	TI	476	217.67	0.42513	666	1.1908	0.0608	1.06	3.41	5.05	7.5	0.0668	700	Uso de valv de 6", hid A-102, hidro de 4", tub PN 16
51	TI	385	210.97	0.43226	657	1.2108	0.0618	1.42	2.85	3.25	8.1	0.0668	700	Uso de valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
TI-11	TI	315	199.75	0.45071	638	1.2801	0.0653	0	2.6	3.82	9.3	0.0668	700	Tub PN 16
TI-6	TI	368	196.5	0.46552	726	0.9925	0.0506	0	1.5	5.25	9.5	0.0629	800	Tub PN 16
44	TI	133	190.71	0.47867	720	1.0205	0.0521	1.66	0.57	1.64	9.7	0.0629	800	Uso de valv de 6", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
TI-9	TI	500	189.26	0.4689	758	0.9997	0.051	3	2.07	9.09	9.9	0.0629	800	Uso de valv de secc de 32", tub PN 16
24	TI	34	187.28	0.48298	698	1.0297	0.0525	0.94	0.14	2.02	9.7	0.0629	800	Uso de valv de 6", hid A-102, hidro de 4", tub PN 16
TI-4	TI	54.1	187.36	0.44345	716	0.9454	0.0482	0	0.2	0.93	9.6	0.0629	800	Tub PN 16
TI-7	TI	300	187.65	0.45089	745	0.9613	0.049	0	1.15	4.08	9.5	0.0629	800	Tub PN 16
21	TI	330	181.66	0.46024	747	0.9812	0.0501	1.32	1.31	2.77	9.8	0.0629	800	Uso de valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
TI-5	TI	55	177.45	0.40545	697	0.864	0.0441	0	0.17	2.35	10.2	0.0629	800	Tub PN 16
9	TI	200	177.31	0.41321	734	0.8809	0.0449	0.95	0.64	3.84	10	0.0629	800	Uso de valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
TI-2	TI	62	174.04	0.41563	718	0.8861	0.0452	0	0.2	1.18	10.1	0.0629	800	Tub PN 16
6	TI	467	173.06	0.42998	752	0.9167	0.0468	1.21	1.63	6.69	10.1	0.0629	800	Uso de valv de 6", hid A-102, hidro de 4", tub PN 16
5	TI	500	169.21	0.45954	755	0.9797	0.05	11.8	1.99	21.85	10.4	0.0629	800	Uso de valv de 8", hid A-102, hidro de 4", tub PN 16
TI-3	TI	110	159.06	0.43433	738	0.926	0.0472	0	0.39	1.37	10.3	0.0629	800	Tub PN 16
2	TI	1222	158.08	0.44654	759	0.952	0.0486	2.64	4.59	8.06	10.3	0.0629	800	Uso de valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 16
TI-1	TI	996	148.08	0.44464	738	0.9585	0.0489	0	3.84	4.26	11.2	0.0631	800	Tub PN 25
P bajo	TI	595	131.35	0.44464	704	0.9585	0.0489	0	2.29	0.67	12.8	0.0631	800	Tub PN 25
P1572	TI	138	162.55	0.44464	710	0.9585	0.0489	0	0.53	1.91	9.9	0.0631	800	Tub PN 25
P1434	TI	993	158.11	0.44464	743	0.9585	0.0489	0	3.83	3.26	10.2	0.0631	800	Tub PN 25
P441	TI	69	175	0.44464	749	0.9585	0.0489	0	0.26	0.88	8.6	0.0631	800	Tub PN 25

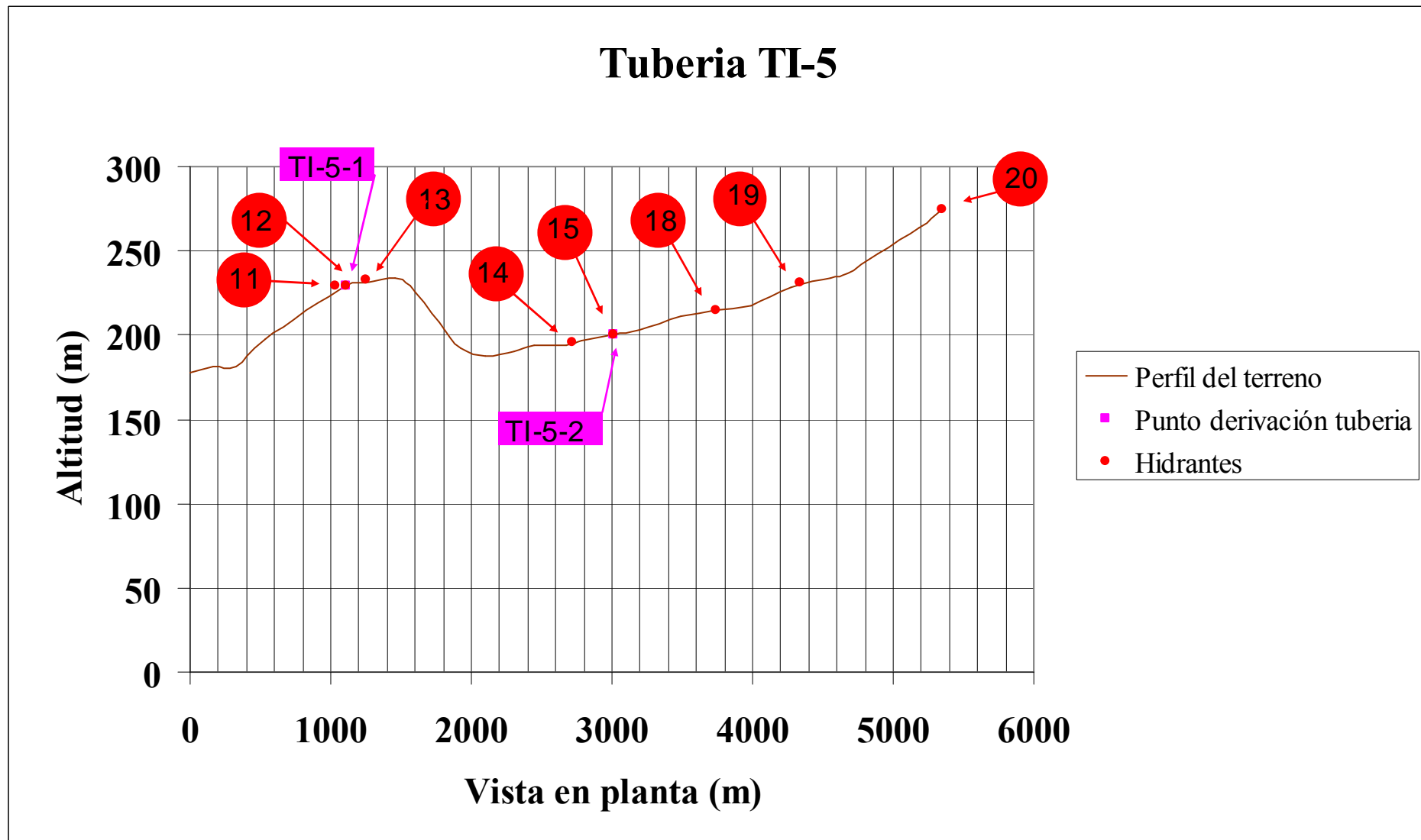
Cálculos hidráulicos

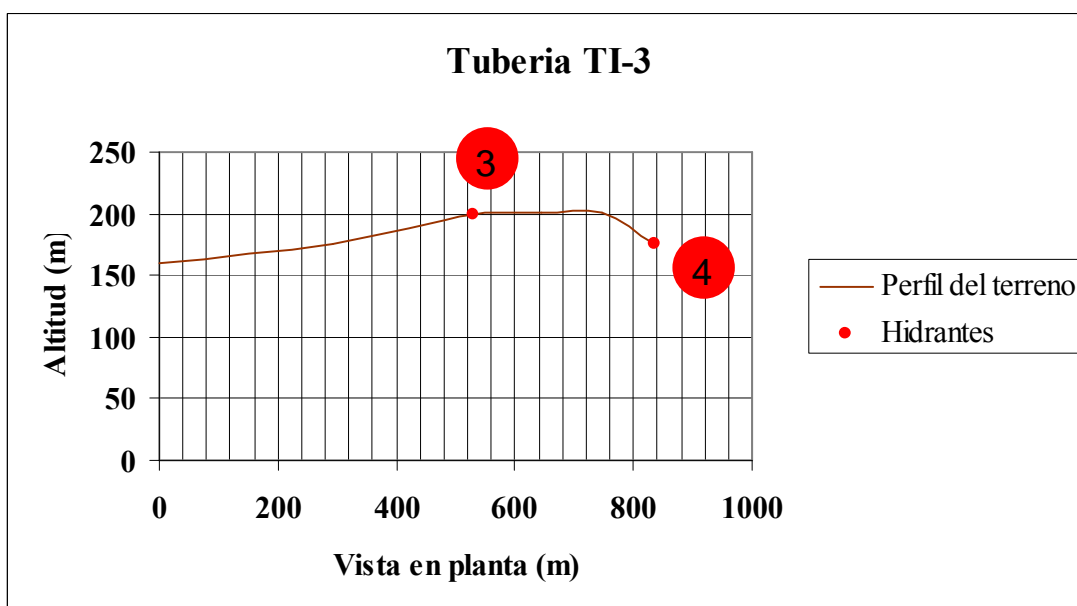
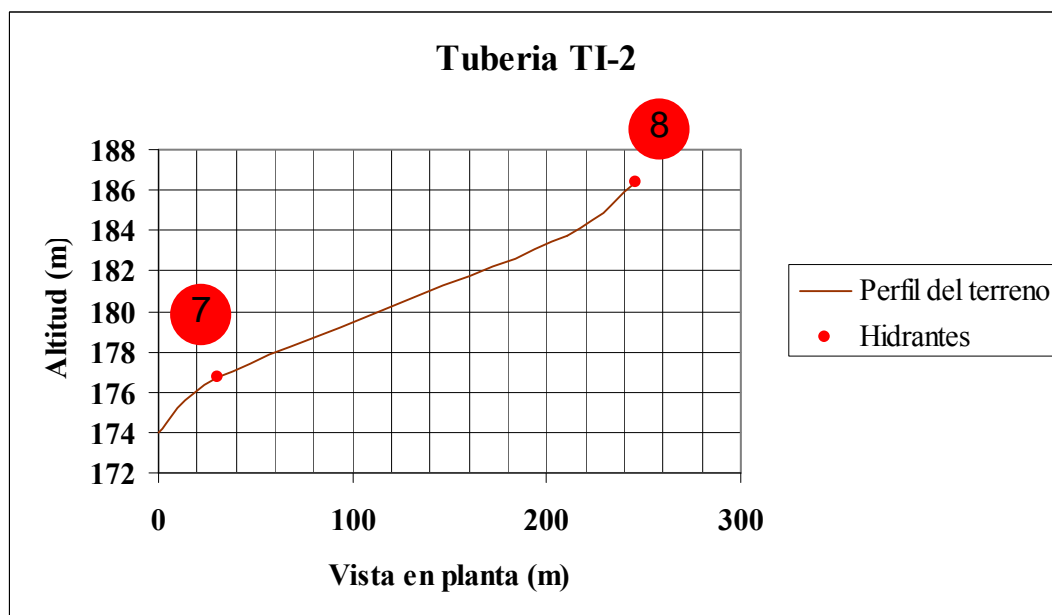
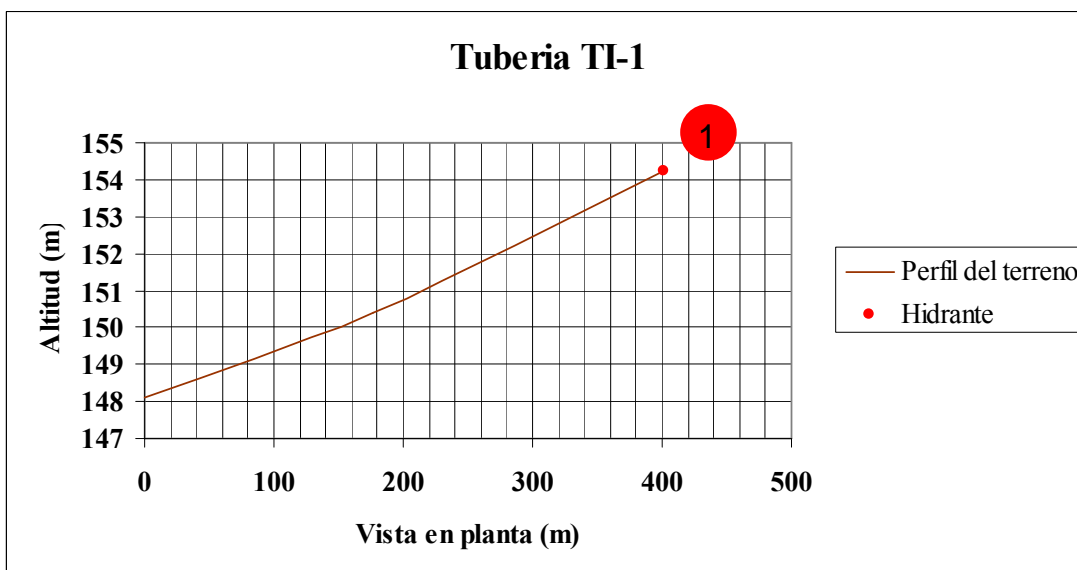
P372	TI	372	172.34	0.44464	750	0.9585	0.0489	3	1.43	4.91	8.8	0.0631	800	Uso de 2 valv de retención de 3 ", tub PN 25
P685	TI	434	179	0.44464	728	0.9402	0.048	0	1.59	1.01	8.1	0.0629	800	Tub PN 16
P251	TI	120	168.36	0.44464	709	0.9585	0.0489	0	0.46	0.67	9.2	0.0631	800	Tub PN 25
P135	TI	96.1	137.56	0.44464	724	0.9585	0.0489	0	0.37	0.08	12.2	0.0631	800	Tub PN 25
P39	TI	41.3	133.77	0.44464	681	0.9585	0.0489	0	0.15	0.67	12.6	0.0631	800	Tub PN 25

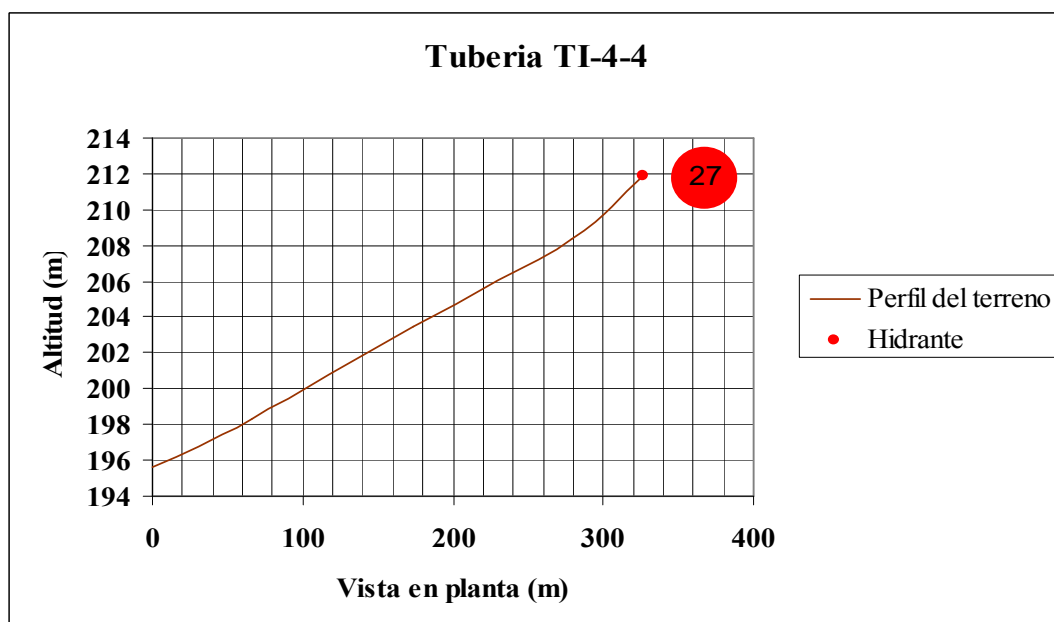
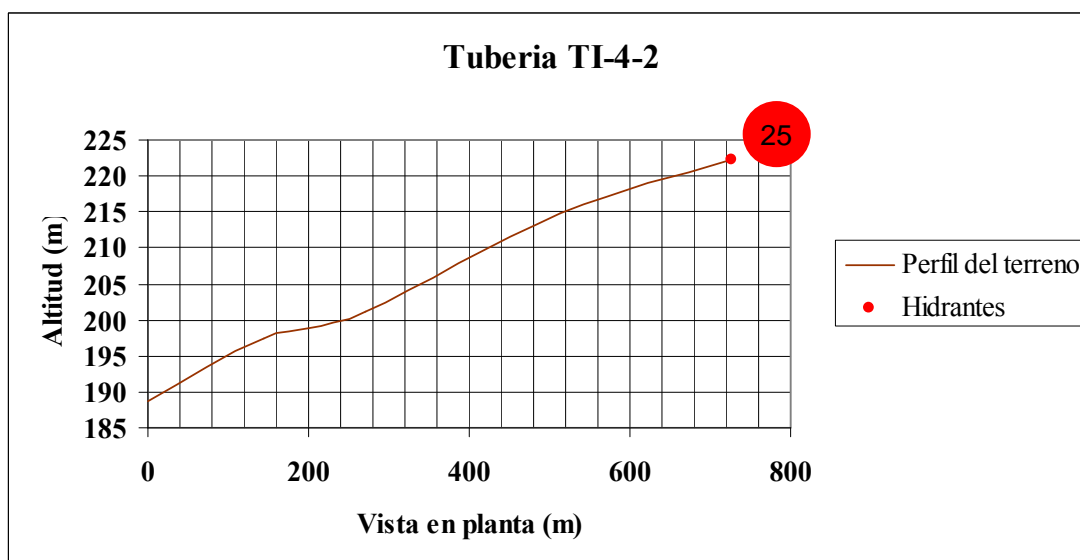
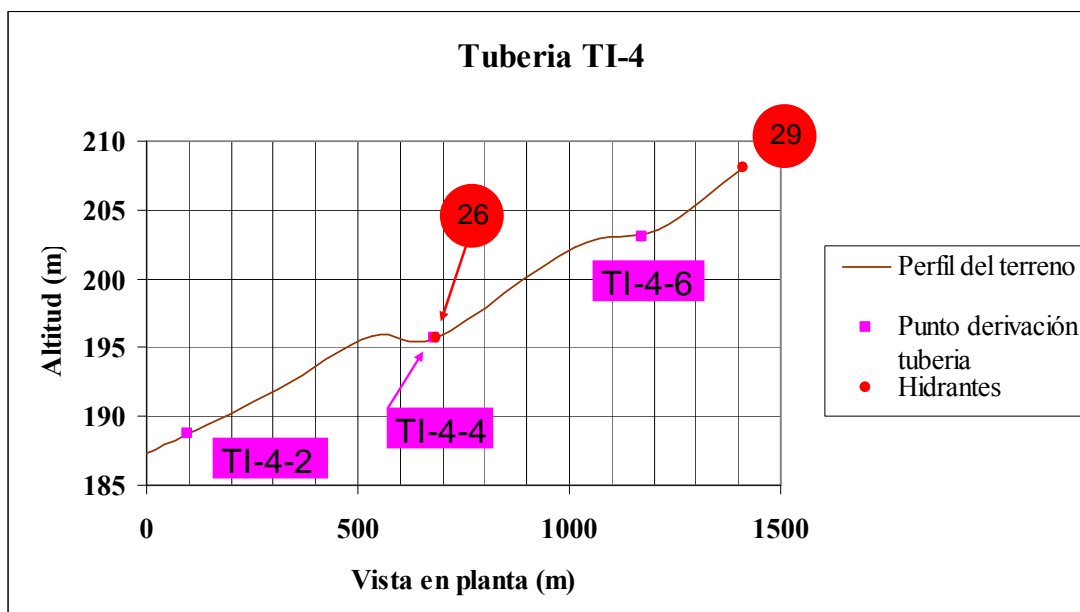
Tubería TI

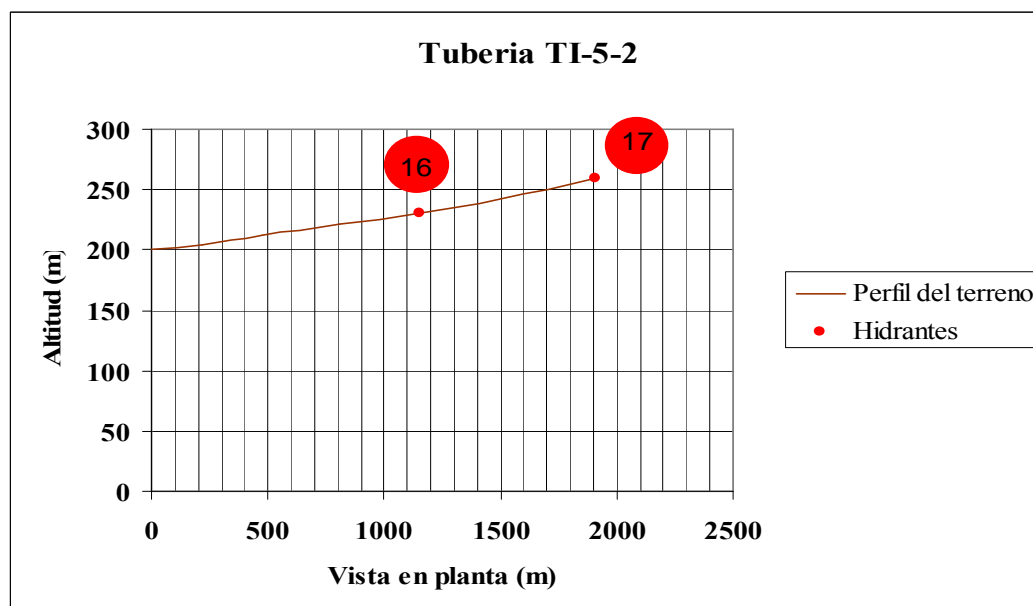
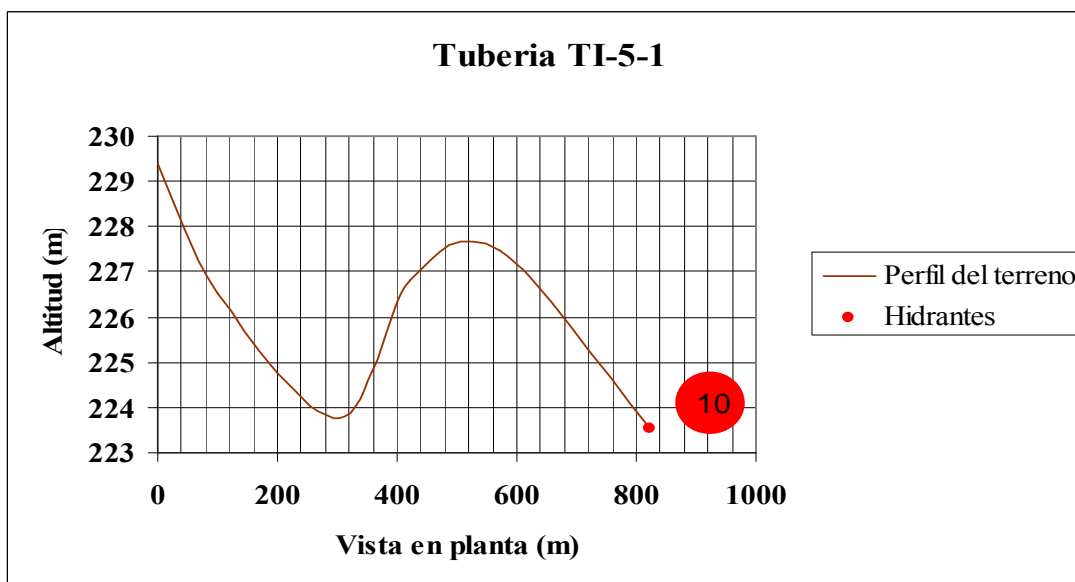
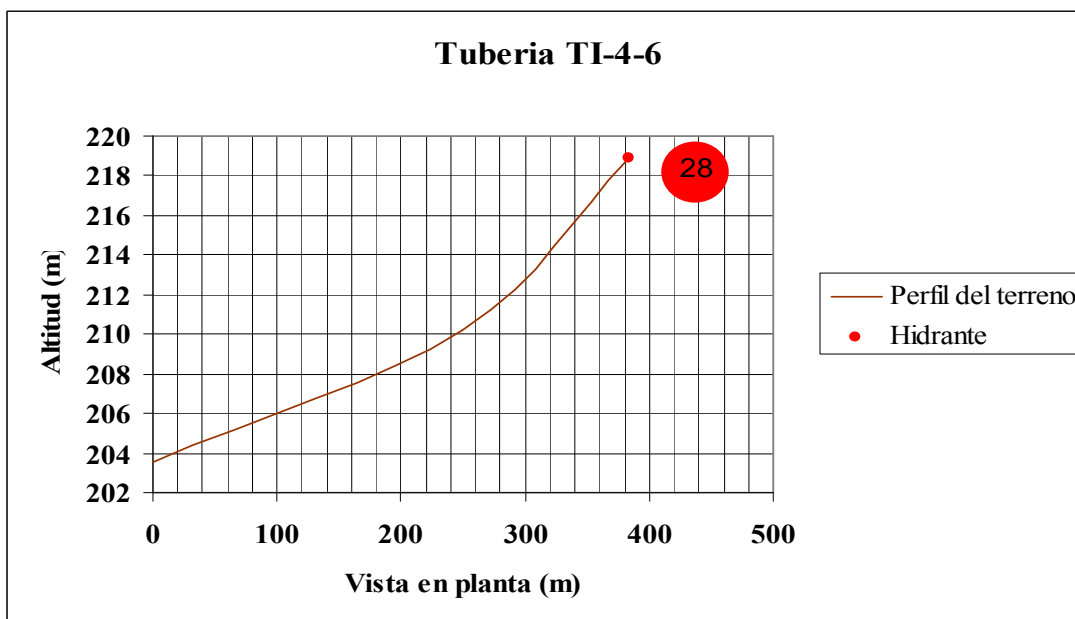


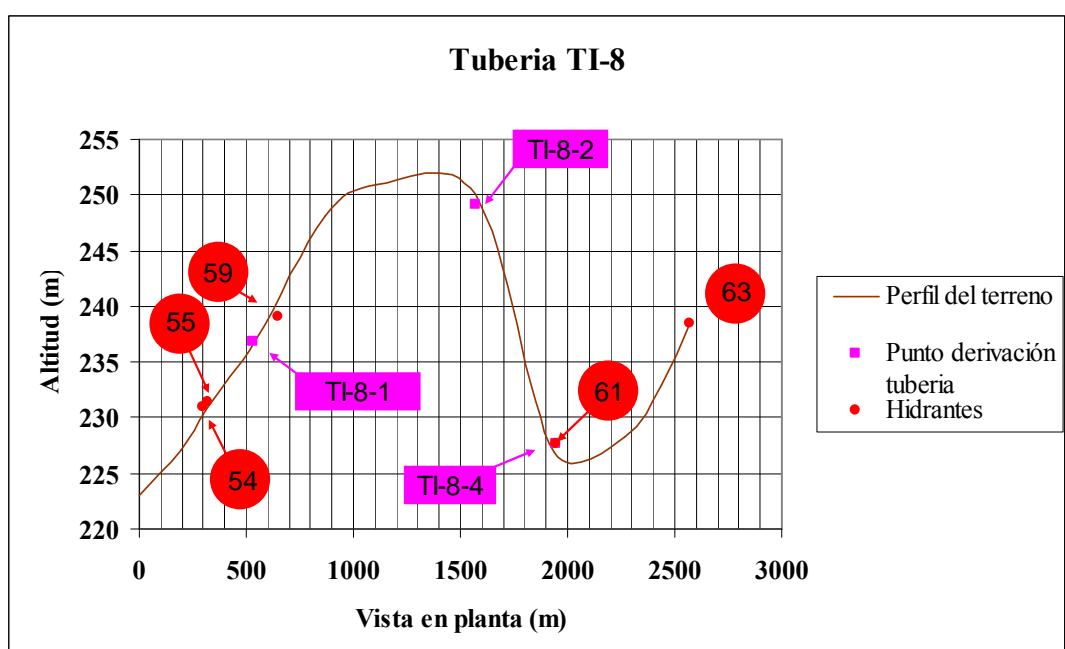
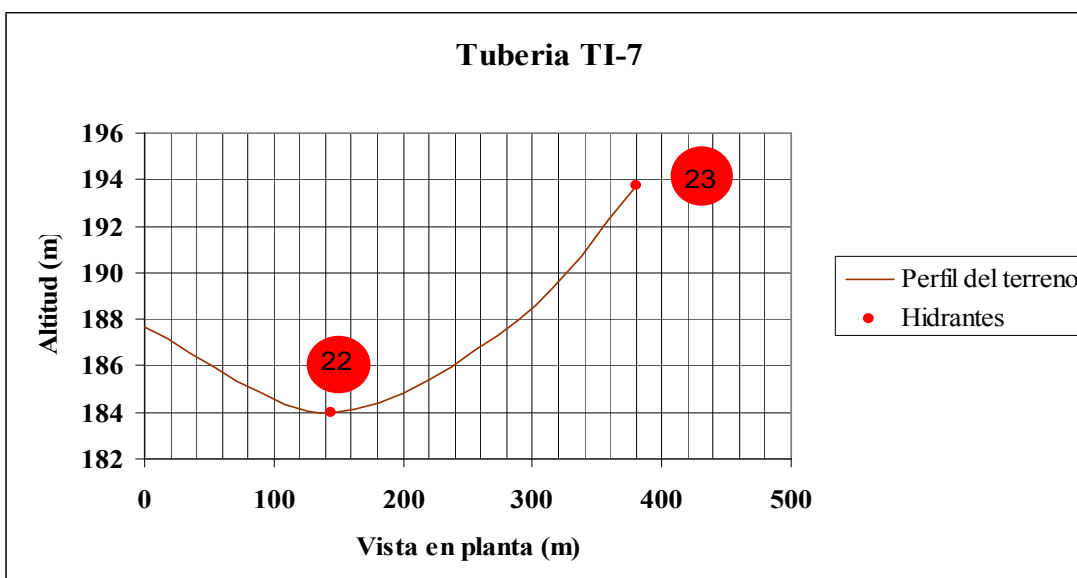
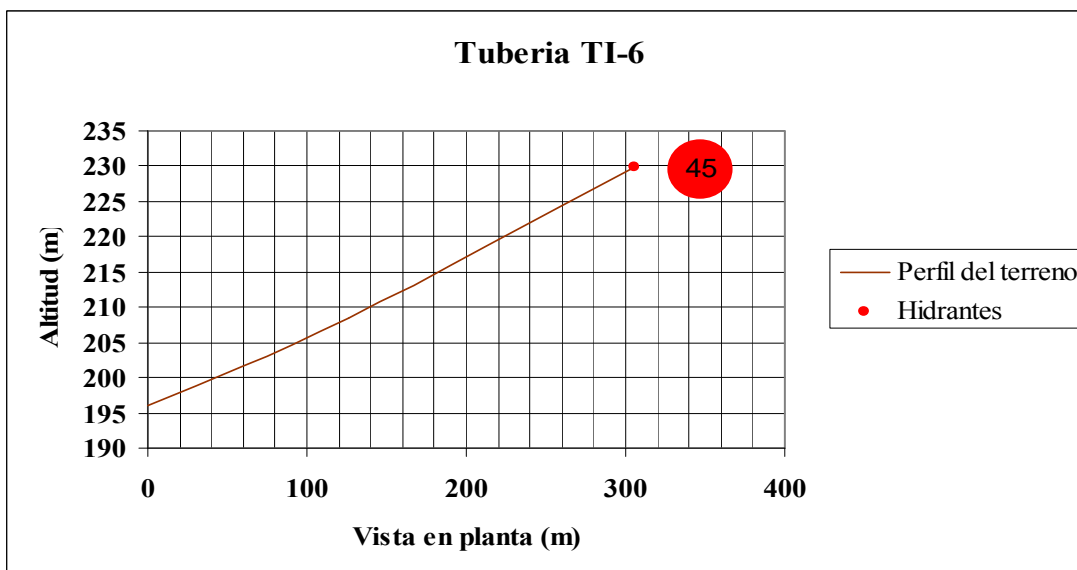


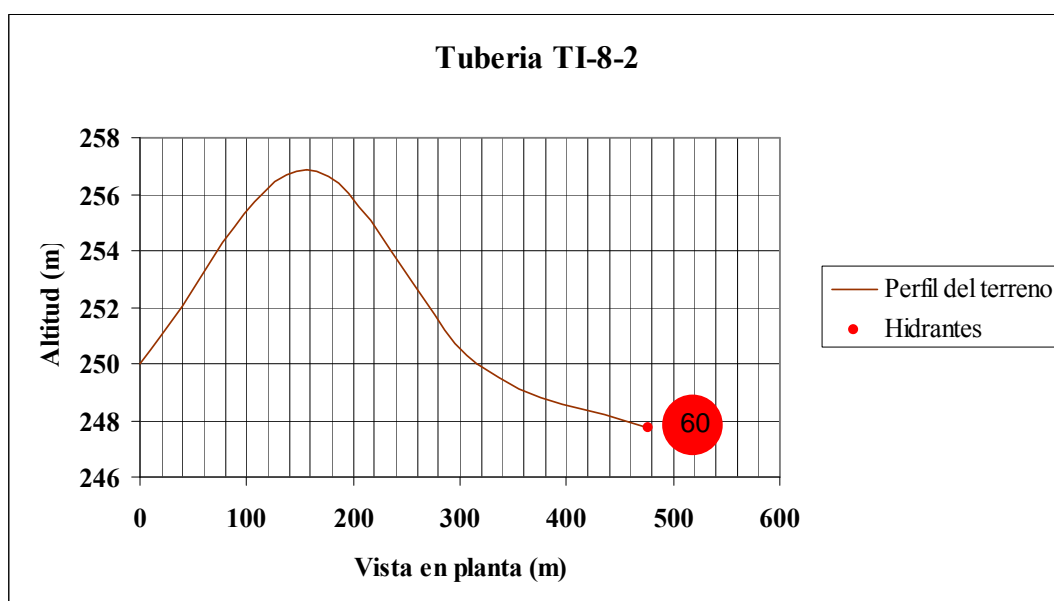
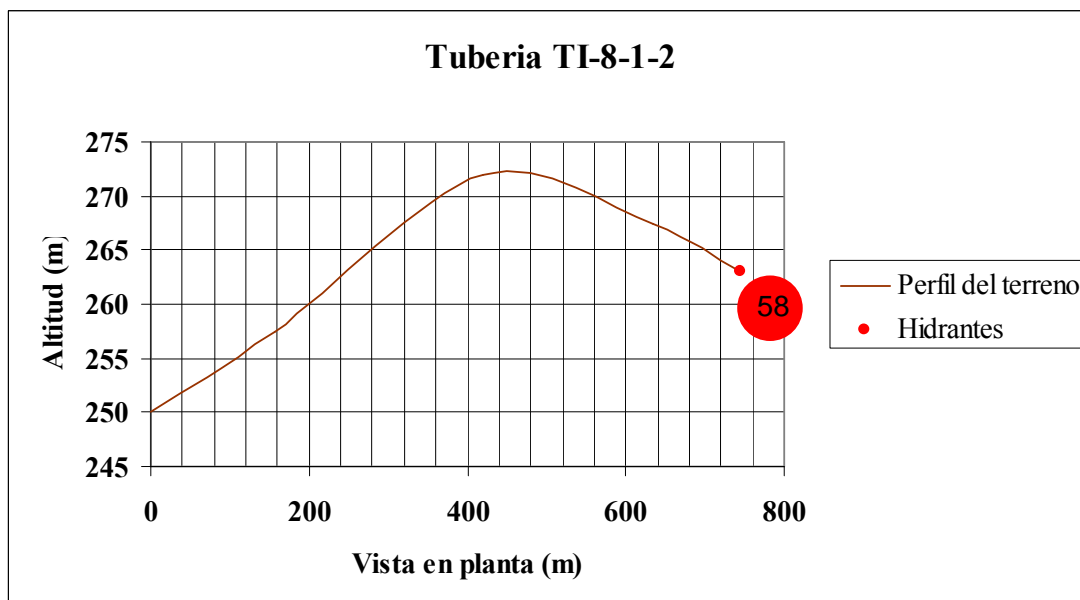
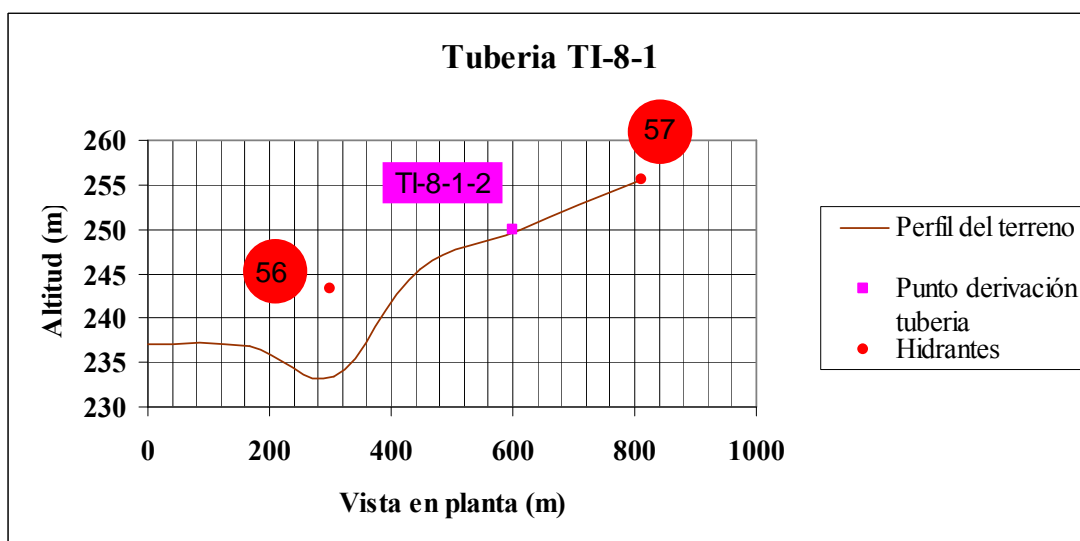


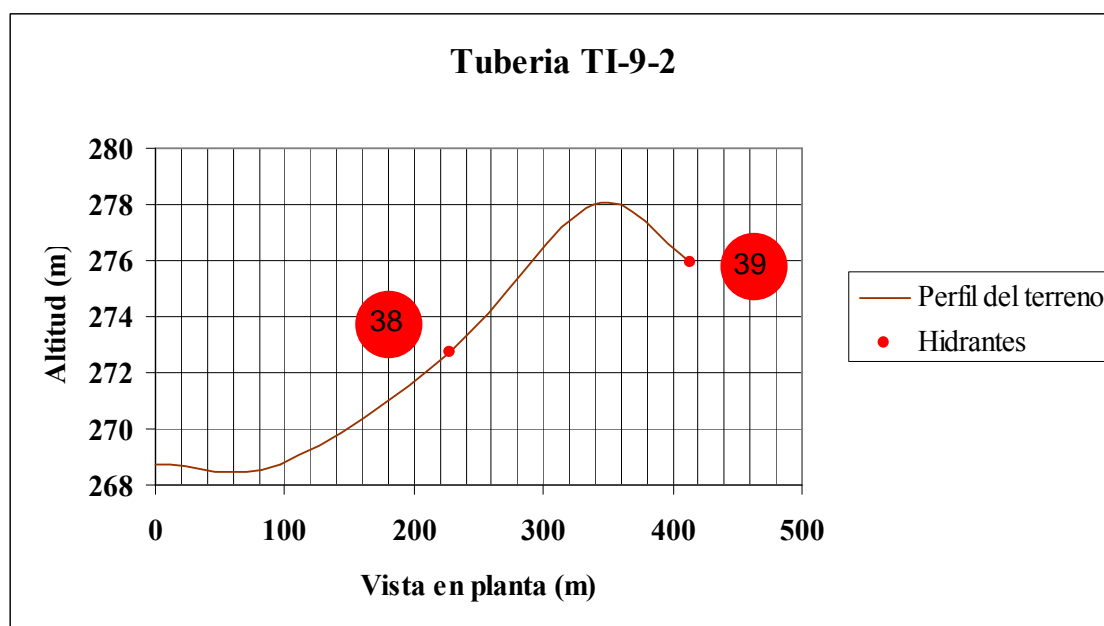
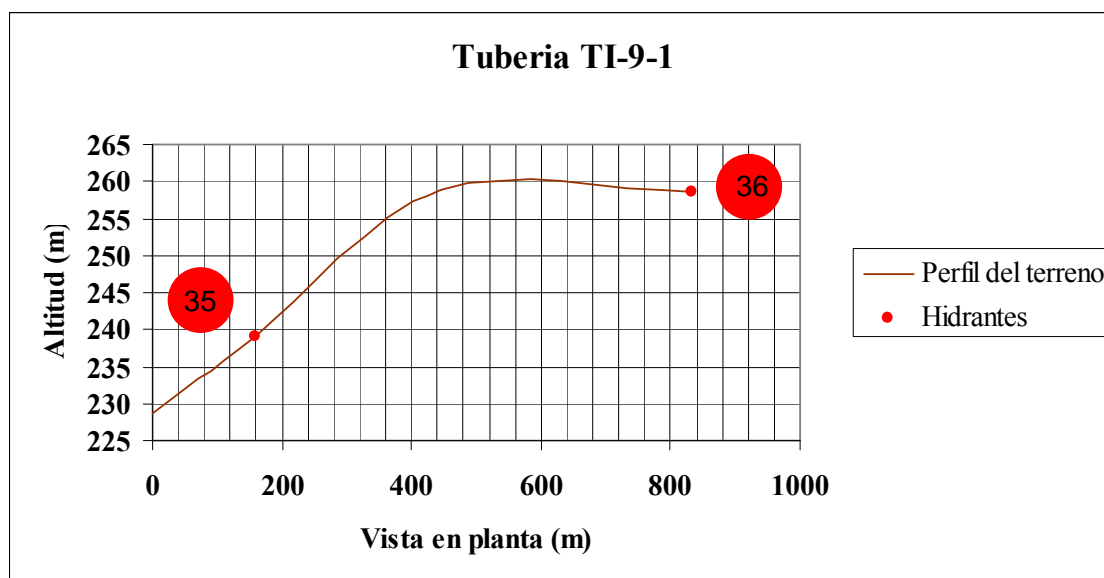
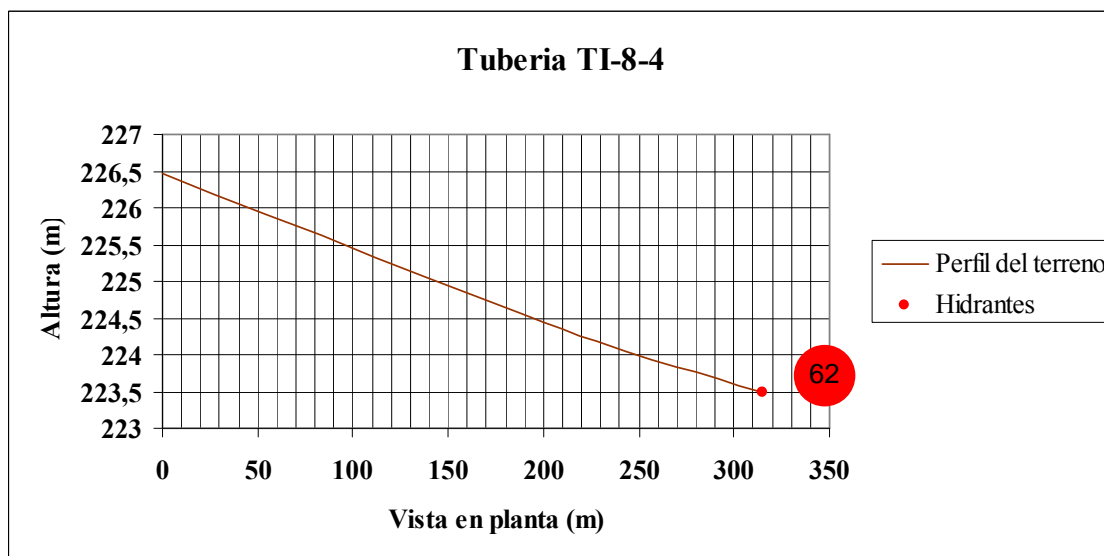


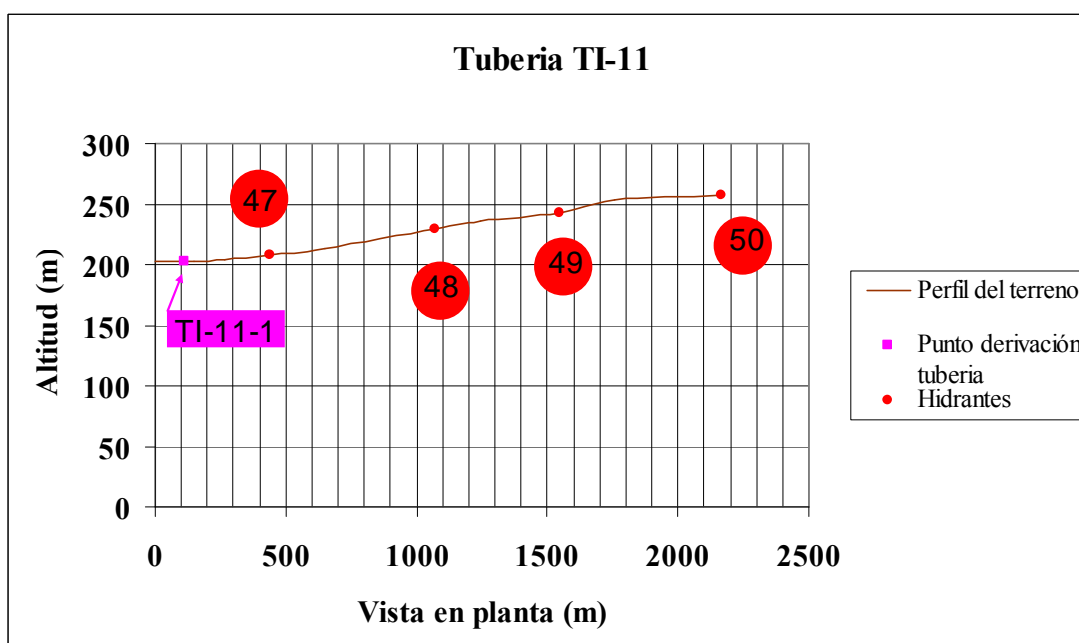
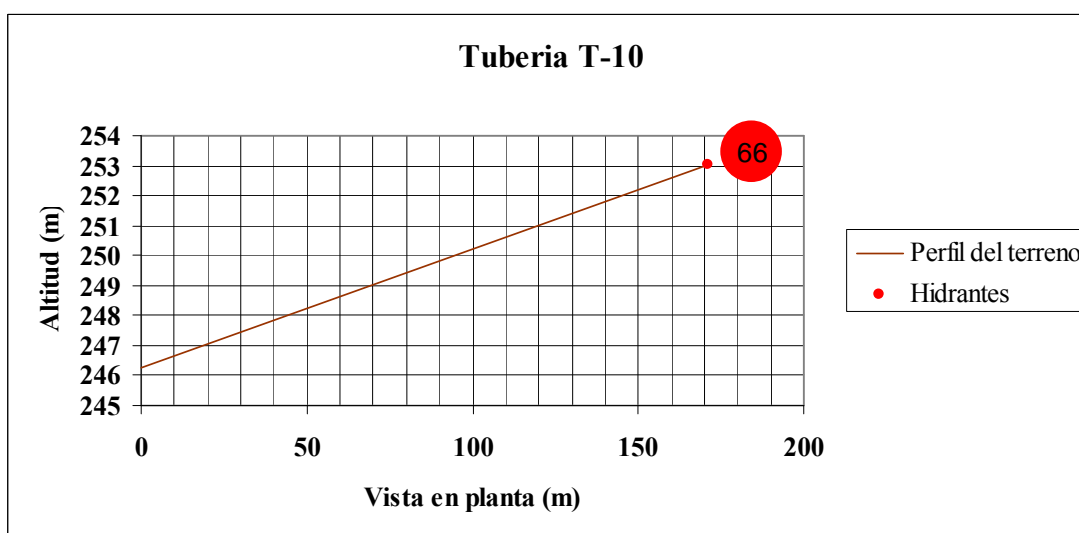
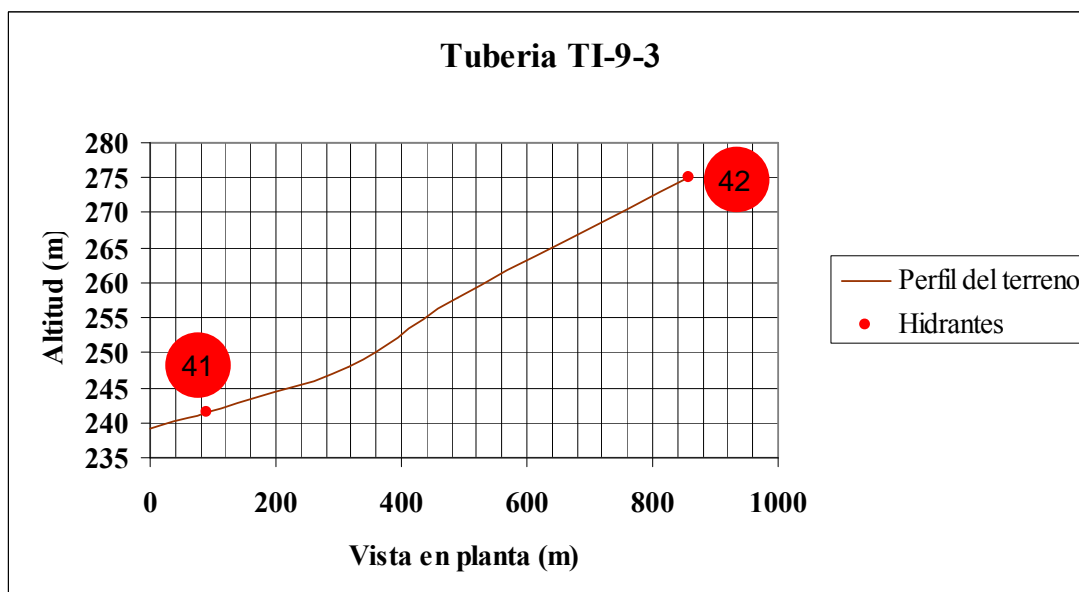


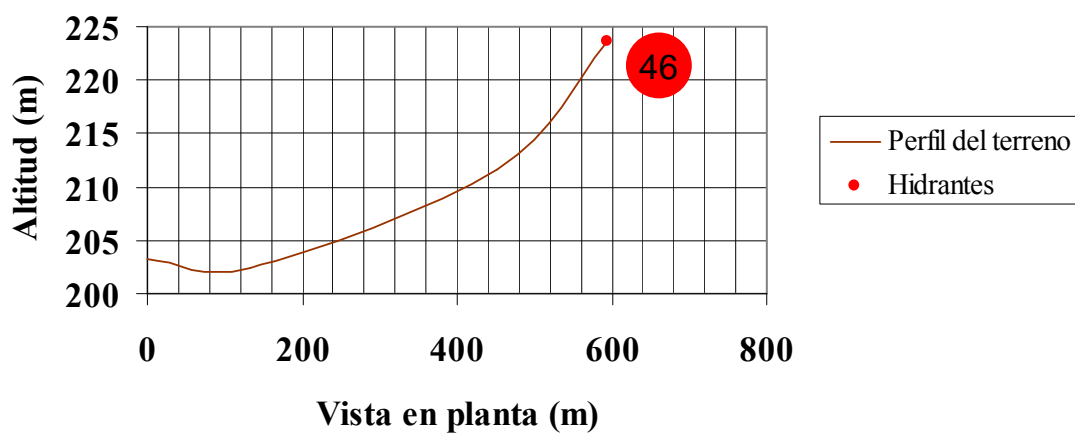
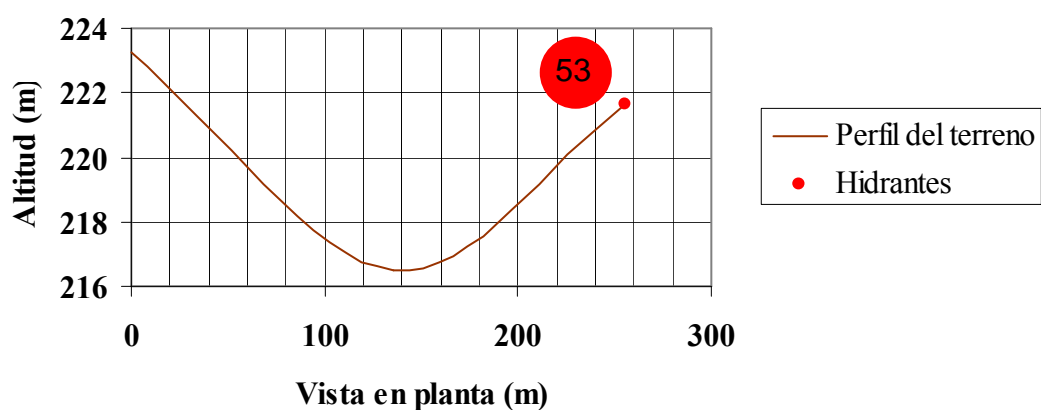
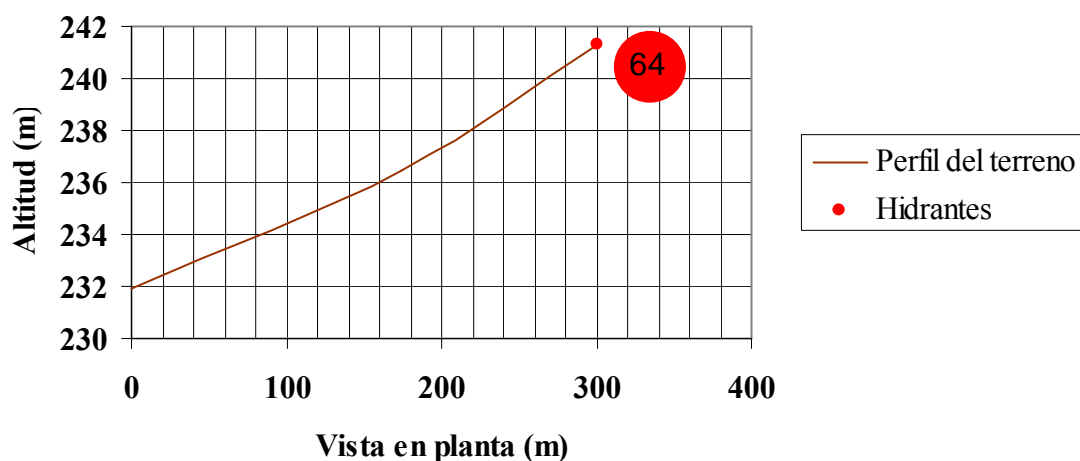


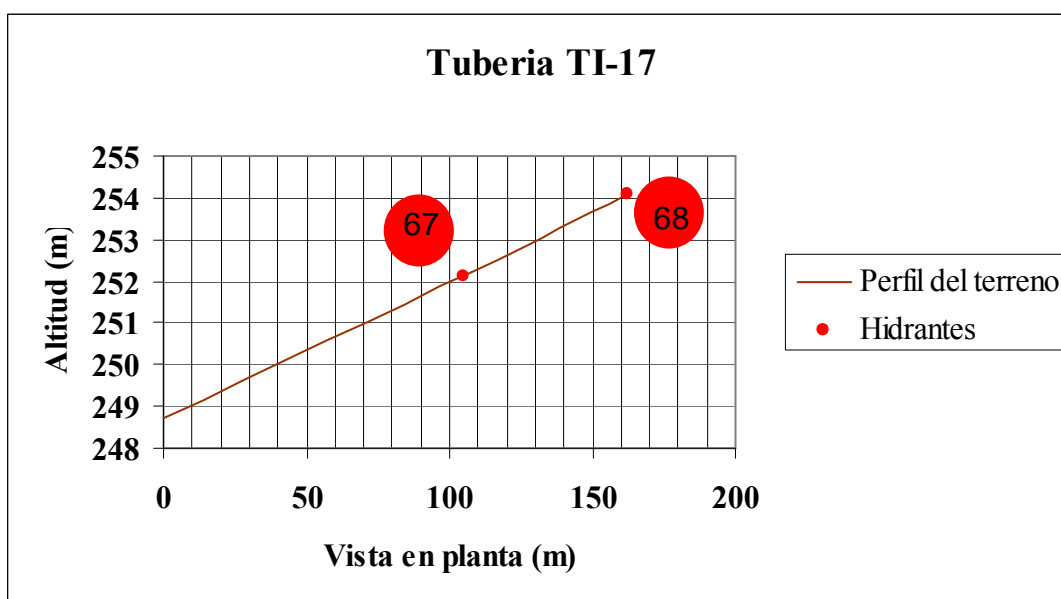




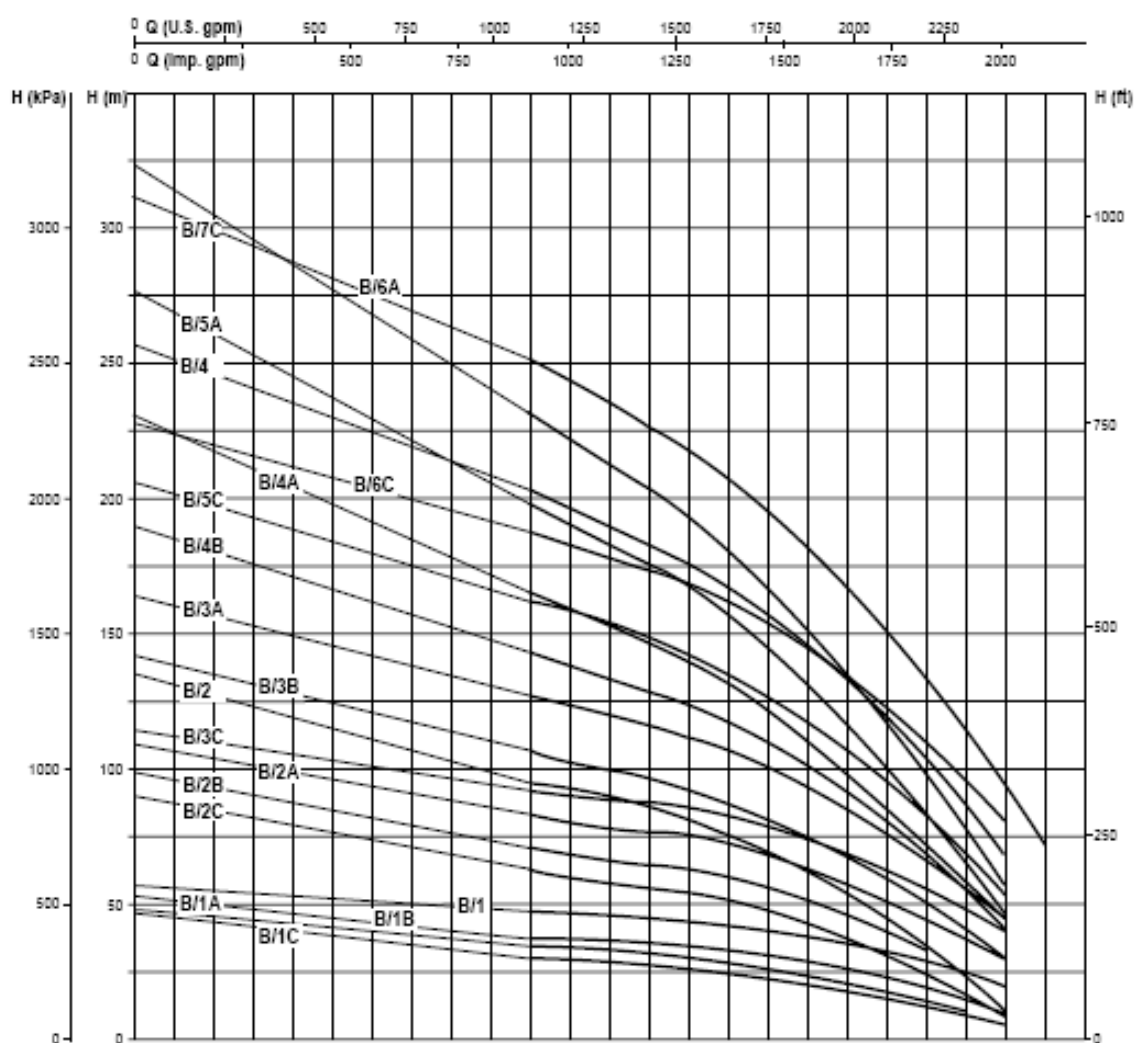




Tubería TI-11-1**Tubería TI-13****Tubería TI-15**



4.1.7 COMPONENTES Y CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS



S-302B



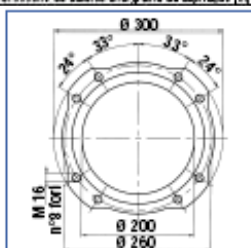
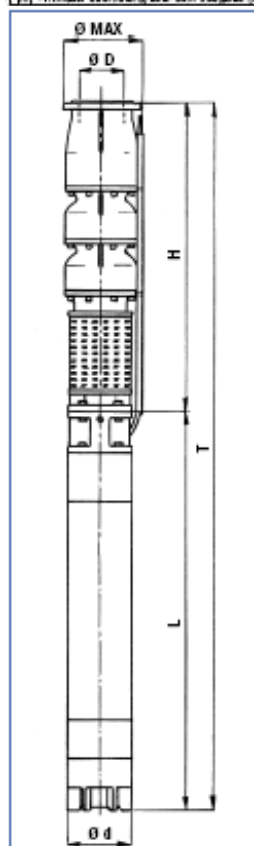
≈ 2900 l/min

CARATTERISTICHE IDRAULICHE

HYDRAULIC FEATURES

CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS / CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES / HYDRAULISCHE EIGENSCHAFTEN / CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

Tipo Type	Motore Motor**		In(A) 3~ 400V	U.S.g.p.m. Q m³/h l/min	0	1101	1211	1321	1431	1541	1651	1761	1871	1981	2092	2202	2312	2422	2532
	kW	HP				250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575
						4167	4583	5000	5417	5833	6250	6667	7083	7500	7917	8333	8750	9167	9583
S-302B/1C *	37	50	74	H (m)	46,5	31,5	30,5	29,5	28,5	27	24,5	23	20,5	18	15,6	12,8	9	6	
S-302B/1B *	45	60	89		48	33	32,5	32	31	29	27	24,5	22	19	16	12,5	10		
S-302B/1A *	51	70	102,2		53	37	36,5	35,5	34,5	33	31,5	29	27	24,5	21	18	16,5	9,5	
S-302B/1 *	66	90	130,5		57	47	45	44	43,5	42	40,5	38	36	33,5	31	28	25	20	
S-302B/2C *	75	100	148,3		90	63	61	60	58	54	50	46	41	35	29	23,5	16	7	
S-302B/2B *	90	125	178,3		99	70	67,5	67	65	62	58,5	54,5	49,5	45	40	33,5			
S-302B/2A *	110	150	203		109	85	81	79	77	75	71	67	63	55	50	45	38	30	
S-302B/3C *	110	150	206		135	94,5	91,5	90	87	81	75	69	61,5	52,5	43,5	35,25	24	10,5	
S-302B/2 *	132	180	238		114	94	90,5	88,5	87	84,5	81	76	72	67	62	56	50	40,5	
S-302B/3B *	132	180	241		142	107	102	100	97	92	87	82	75	68	61	51	42	31	
S-302B/3A *	150	200	274		164	127	121	119	116	112	106	101	94	83	75	67	57,5	45,5	
S-302B/4B *	185	250	320		189,5	143	136	133	129	123	115,5	109	100	90,5	81	68,5	56	41	
S-302B/5C *	185	250	324		231	167	156	152	148	141	130	120	108	95	83	71	56	41	
S-302B/4A *	220	300	413		206	164	157	152	148	141	133	123	115	104	96	84	71	54	
S-302B/6C *	220	300	413		277	200	187	182	178	169	156	144	130	114	100	85	67	49	
S-302B/4	260	350	483		228	188	181	177	174	169	162	152	144	134	124	112	100	81	
S-302B/5A	260	350	483		257	205	196	190,5	184,5	176	166	154	144	130	120	104,5	89	68	
S-302B/7C	260	350	486		324	234	219	213	208	198	182	168	152	133	117	100	79	58	
S-302B/6A	300	400	551		312	252	241	233,5	228	220	209	195,5	182	166	152,5	135	118	97	71
Livello minimo di battente alla griglia di aspirazione (m) • Min. hydrostatic head level to the suction grid (m) • Nivel de sujeción mín. de rejilla de aspiración (m) • Niveau minimum du poutoir à la grille d'aspiration (m) • Mindest Überflutung über dem Saugrohr (m) • Nivel mínimo de batiente a la grilla de aspiración (m)						1	1,5	2	2,5	3	3	3,5	4	4,5	4,5	5	5	5,5	6



tempo per le baglie in calce, con baglie in calce e accoppiamento con un motore di la stessa potenza o dimensioni superiori. On conseil la correcte installation, avec les supports nécessaires, pour éviter que l'éclapampe travaille par sauts.

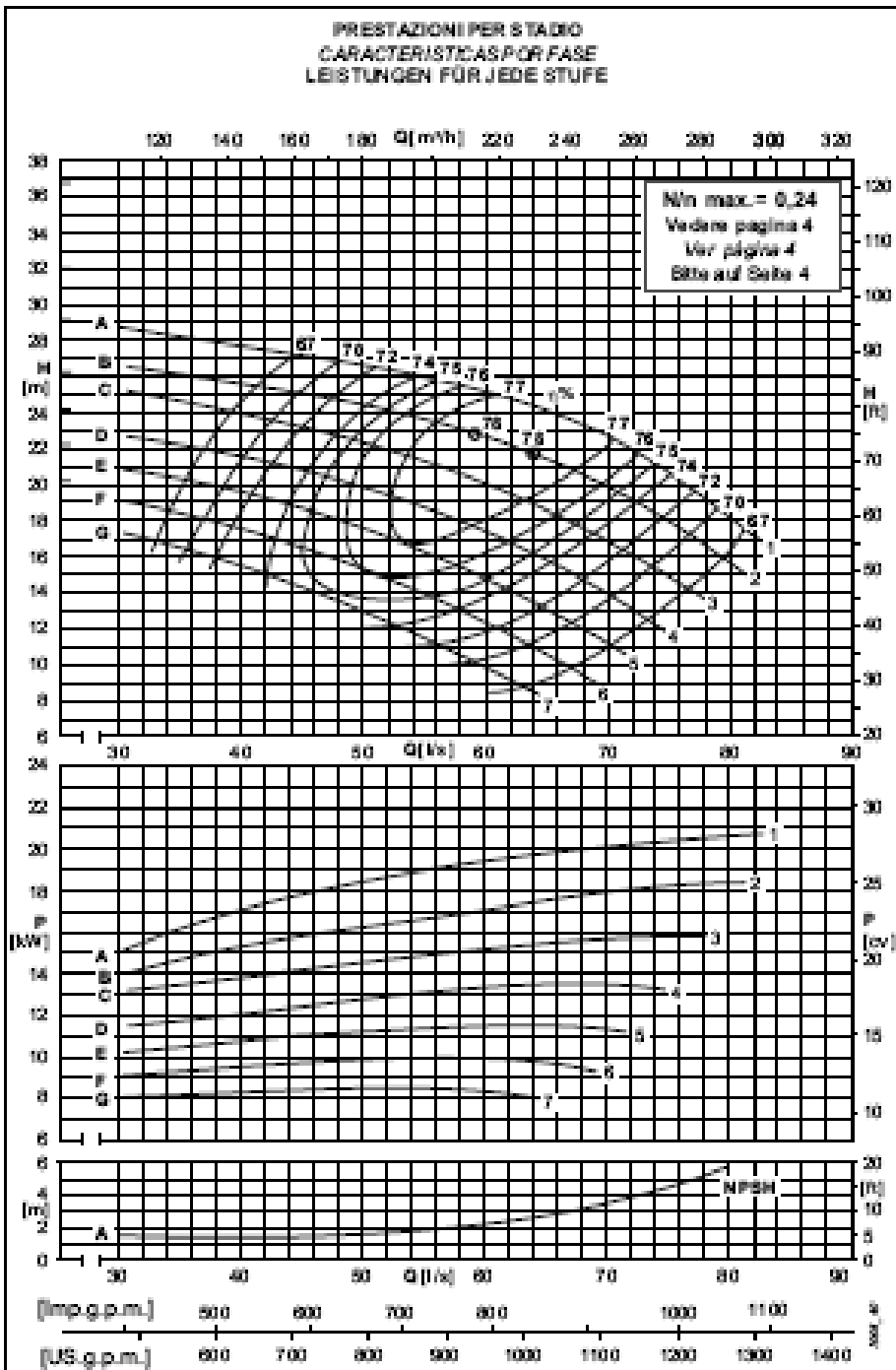
** Potenza nominale motore • Rated power of motor • Potencia nominal del motor • Puissance nominale moteur • Nennleistung des Motor • Potência nominal do motor.

DIMENSIONI E PESI

DIMENSIONS AND WEIGHT / DIMENSIONES Y PESOS / DIMENSIONS ET POIDS

ABMESSUNGEN UND GEWICHTE / DIMENSÕES E PESO

TIPO / TYPE		T	H	L	Ø Max	Ø D	Ø d	L + H		Kg	
T	H	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	°G	(mm)	L	NEMA	H	T
S-302B/1C	SP-302B/1C	1893	955	938	301	8°	192	8" MS 200	NEMA 1.18.424	130	275
S-302B/1B	SP-302B/1B	1963	955	1008	301	8°	192	8" MS 200	NEMA 1.18.424	130	289
S-302B/1A	SP-302B/1A	2033	955	1076	301	8°	192	8" MS 200	NEMA 1.18.424	130	302
S-302B/1	SP-302B/1	2203	955	1248	301	8°	192	8" MS 200	NEMA 1.18.424	130	333
S-302B/2C	SP-302B/2C	2498	1150	1348	301	8°	192	8" MS 200	NEMA 1.18.424	165	386
S-302B/2B	SP-302B/2B	2658	1150	1508	301	8°	192	8" MS 200	NEMA 1.18.424	165	416
S-302B/2A	SP-302B/2A	2618	1150	1468	301	8°	238	10MS 250	-	165	520
S-302B/3C	SP-302B/3C	2813	1345	1468	301	8°	238	10MS 250	-	200	555
S-302B/2	SP-302B/2	2758	1150	1608	301	8°	238	10MS 250	-	165	567
S-302B/3B	SP-302B/3B	2953	1345	1608	301	8°	238	10MS 250	-	200	602
S-302B/3A	SP-302B/3A	3043	1345	1698	301	8°	238	10MS 250	-	200	635
S-302B/4B	SP-302B/4B	3488	1540	1948	301	8°	238	10MS 250	-	235	757
S-302B/5C	SP-302B/5C	3683	1735	1948	301	8°	238	10MS 250	-	270	792
S-302B/4A	SP-302B/4A	3298	1540	1758	301	8°	288	12MS 300	-	235	865
S-302B/6C	SP-302B/6C	3688	1930	1758	301	8°	288	12MS 300	-	305	935
S-302B/4	SP-302B/4	3488	1540	1908	301	8°	288	12MS 300	-	235	932
S-302B/5A	SP-302B/5A	3643	1735	1908	301	8°	288	12MS 300	-	270	967
S-302B/7C	SP-302B/7C	4033	2125	1908	301	8°	288	12MS 300	-	340	1037
S-302B/6A	SP-302B/6A	3988	1930	2058	301	8°	288	12MS 300	-	305	1070

PML 150**1450** $n [min^{-1}]$ POMPE CENTRIFUGES MULTISTADES
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTIGRADES
HÖCHSTUFGENROSSELN PUMPEN**capra**Campo di utilizzazione - Campo de utilización -
Leistungsbereich: $\pm 67\% \eta$

Numero stadi min. 2, max. 10 (PMP/PMS),
compatibilmente con la pressione massima di esercizio.
Número de fases: min. 2, max. 10 (PMP/PMS),
Compatibilmente con la presión máxima.
Stufenzahl: mind. 2, max. 10 (PMP/PMS),
Kompatibel mit Höchstdruck.

Pressione massima di esercizio
Presión máxima de funcionamiento
Max. Betriebsdruck

Tipo tenuta Tipo cierre Dichtungstyp	Tipo pompa Tipo bomba Typ pump	PNa [bar]	PNm [bar]
Mecanica Mecánico Gleitringdichtung	PML...T PMS...T	25 25	40 64
Stadema Stadema Dichtung	PML... PMS...	25 8 (*)	40 64

(*) Per pressioni superiori, interpellare i nostri
uffici commerciali.
(*) Para presiones superiores, rogamos
contactar con nuestra oficina comercial.
(*) Für höhere Drücke bitte das Verkaufsbüro
kontaktieren.

Momento d'inerzia J legato
Moment de inercia J ligado
Trägheitsmoment J, m²
 $J = \frac{1}{2} P D^2 - [kg \cdot m^2]$

Girante Rodete Laufrad	PML(S) 150/2	Per ogni stadio in più Para cada exterior fase Für jede Stufe mehr
Chiusa Fundición Gussstein	0,3350	0,1540
Bronzo Bronze Bronze	0,3650	0,1690

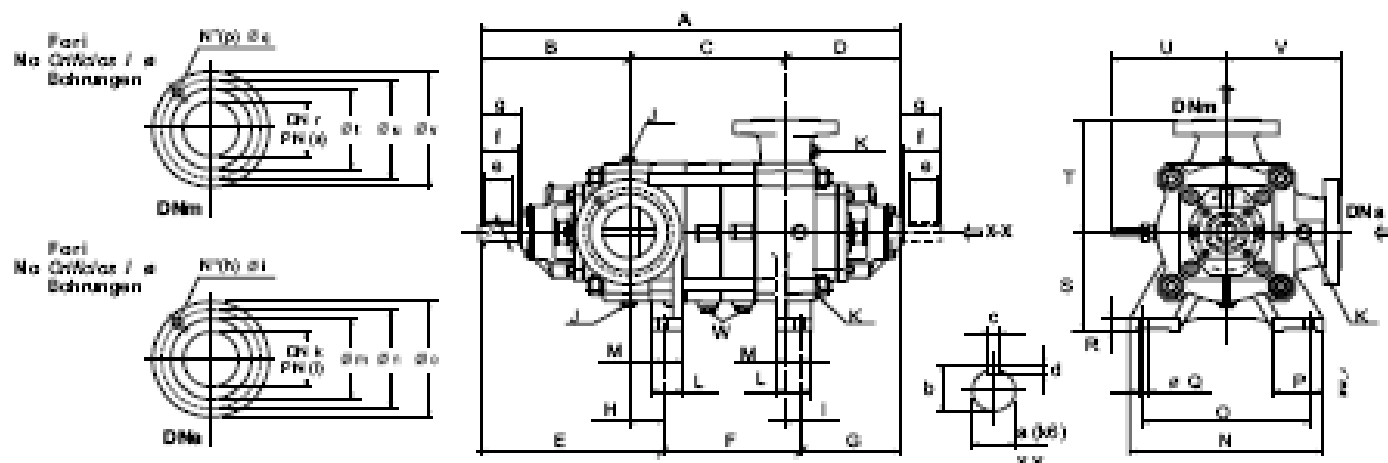
DNa x DNm																										
		l/s	0	34	36	38	40	42	44	46	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
		m ³ /h	0	122,4	129,6	136,8	144	151,2	158,4	165,6	180	187,2	194,4	201,6	208,8	216	223,2	230,4	237,6	244,8	252	259,2	266,4	273,6	280,8	288
mm		l/min	0	2040	2160	2280	2400	2520	2640	2760	3000	3120	3240	3360	3480	3600	3720	3840	4080	4200	4320	4440	4560	4680	4800	
PMIL(S) 150/1																										
200 x 150	G	m MW	20,3	18,6 8,1	18,3 8,2	15,9 8,2	15,4 8,2	15 8,3	14,5 8,4	13,5 8,4	13 8,5	12,4 8,5	11,8 8,5	11,1 8,5	10,5 8,4	9,8 8,3	9,1 8,2									
	F	m MW	22,2	18,6 9,2	18,3 9,3	17,9 9,4	17,8 9,5	17,2 9,6	16,7 9,6	15,8 9,6	15,3 9,6	14,8 9,9	14,2 9,9	13,6 10	12,9 9,9	12,3 9,9	11,6 9,8	10,2 9,7								
	E	m MW	24,2		20,1 10,5	19,9 10,6	19,8 10,7	19,2 10,8	18,8 10,9	18 11,1	17,4 11,1	17,0 11,2	16,5 11,3	15,9 11,3	15,3 11,4	14,7 11,4	14,1 11,5	12,6 11,5	11,9 11,4	11,2 11,3						
	D	m MW	26,3			21,8 11,9	21,5 12	21,2 12,2	20,9 12,3	20,2 12,6	19,9 12,7	19,4 12,8	19 12,9	18,5 13,1	18 13,2	17,4 13,3	16,8 13,4	15,4 13,5	14,6 13,5	13,8 13,5	13 13,4					
	C	m MW	28,1				23,9 13,6	23,6 13,9	23,3 14,1	22,8 14,4	22,4 14,5	22 14,6	21,5 14,7	21,1 14,9	20,7 15	20,1 15,1	19,6 15,2	18,3 15,5	17,5 15,6	16,8 15,7	16 15,7	15,2 15,6	14,4 15,6			
	B	m MW	32					25,5 15,5	25,1 15,6	24,6 16	24,4 16,3	24,2 16,4	23,9 16,6	23,5 16,8	23,1 16,9	22,7 17,1	22,2 17,3	21,1 17,6	20,5 17,6	19,8 17,9	19,1 18,1	18,3 18,2	17,5 18,3	16,6 18,4		
	A	m MW	34,7						27,3 17,6	26,8 18,1	26,6 18,4	26,4 18,6	26,1 18,8	25,9 19	25,5 19,2	25,3 19,4	24,9 19,6	24 19,8	23,4 20	22,8 20,1	22 20,3	21,2 20,4	20,3 20,5	19,2 20,6	18,1 20,6	
NP34 m				1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	3	3,2	3,5	4	4,3	4,8	5,3	5,8	



POMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTICELULARES
HIGH TURBO CHARGE PUMPS

PML 150

DIMENSIONI DI INGOMBRO E PESI
DIMENSIONES MÁXIMAS Y PESOS
ABMESSUNGEN UND GEWICHTE

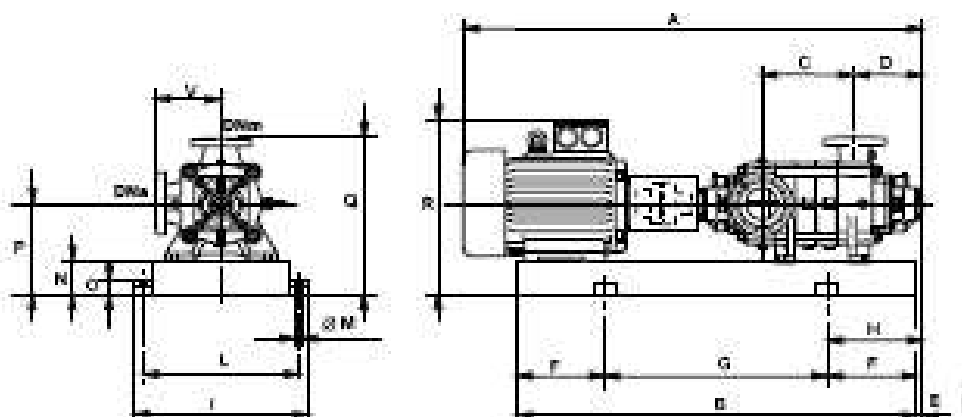


Tipo Typ	DNa	DNm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	S	T	U	V	Peso Gewicht
	[mm]															[kg]
PML(S) 150.2	200	150	1190	470	360	351	619	270	301	140	50	315	370	358	370	652
PML(S) 150.3			1315		485			395								728
PML(S) 150.4			1440		610			520								800
PML(S) 150.5			1565		735			645								874
PML(S) 150.6			1690		860			770								948
PML(S) 150.7			1815		985			895								1022
PML(S) 150.8			1940		1110			1020								1096
PML(S) 150.9			2065		1235			1145								1170
PML(S) 150.10			2190		1360			1270								1244

Dimensioni del piadl - Dimensiones de los pies - Fußabmessungen							Sporgenza d'albero - Saliente del eje - Wellenüberstand						
L	M	N	O	P	Q	R	a	b	c	d	e	f	g
[mm]							[mm]						
125	45	680	590	170	24	40	55	59	16	10	120	130	145

Flange - Bridas - Flansche												
a Bocca - Boca a - a Öffnung			m	n	o	Peri-Calicio-Richtungen		t	u	v	Peri-Calicio-Richtungen	
						b	l				p	q
DNa PM(S)	DNm PM	DNm PMS	[mm]			Mo	a [mm]	[mm]			Mo	a [mm]
200 (UNI PN25)			278	310	360	12	25					
	150 (UNI PN40)							215	260	345	8	25
		150 (UNI PN64)						215	260	345	8	33

Tappl - Tapones - Stopfen		
J	K	W
G 3/4	G 1/2	G 1/4

caprarliPOMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRÍFUGAS MULTICILINDRAS
HIGHT TURBO CHARGED PUMPS**PML 150****4P / 50Hz**SELEZIONE - DIMENSIONI E PESI ELETTROPOMPE SU BASE
SELECTION - DIMENSIONES Y PESOS ELECTROBOMBAS SOBRE BASE
AUSLEBUNG - ABMESSUNGEN UND GEWICHTE DER ELEKTROPUMPEN AUF UNTERGESTELLACCOPIAMENTO CON MOTORI ELETTRICI CHIUSI NORMALIZZATI
ACOPLAMIENTO CON MOTORES ELECTRICOS CERRADOS ESTANDARIZADOS
KUPPLUNG MIT GEKAPSELTEN ELEKTRISCHEN NORMMOTOREN

POMPA BOMBA PUMPER		MOTORE AND TORQUE MOTOR EN		SGAN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	V	Peso Peso Gewicht																													
Tipo Tipo Typ	DNa x DNm	[kW]	Cilindros Cylind Zylinder	Tipo Tipo Typ	[mm]																	[kg]																													
	[mm]																																																		
PML 150/8	200 x 150	75	200 S	04 LR	2069	2491	1110	351	261	400	1691	641	670	820	22	160	50	435	645	370																															
Ø		90	200M	067 LR	2520	2542					1742																																								
Ø		110	315 S	066 LS	3061	2615					1815																																								
Ø		132																																																	
Ø		150	315M	040 MS	3131	2685					1886																																								
Ø		200	315L	72 3MS	3317	2717					1917																																								
PML 150/9		90	200M	046 LR	2045	2097	1967				641												670	820	22	160	50	435	645	370																					
Ø		110	315 S	066 LS	3186	2740	1940																																												
Ø		132	315M	040 MS	3296	2794	1991																																												
Ø		150	315M	040 MS	3296	2794	1991																																												
Ø		200	315L	04 2MS	3442	2842	2042																																												
Ø		220	325L	04 5MS	3709	3117	2092																																												
PML 150/10		90	200M	046 LR	3170	2732	2065																														641	670	820	22	160	50	435	645	370						
Ø		110	315 S	066 LS	3311	2695	2116																																												
Ø		132	315M	047 MS	3361	2916	2116																																												
Ø		150	315M	047 MS	3361	2916	2116																																												
Ø		200	315L	04 6MS	3567	2967	2167																																												
Ø		220	325L	04 5MS	3709	3117	2317																																												

4.1.8 DIMENSIONES Y PÉRDIDAS DE CARGA EN EL MATERIAL HIDRÁULICO

El HIDRANTE DE RIEGO URAMED es un conjunto de válvula integrada en un sólo cuerpo diseñado especialmente para el riego y el suministro y distribución del agua en instalaciones comunitarias. Está constituido por dos partes principales. El Hidrómetro Tipo H (Boquilla, Salida) y la Válvula Hidrante de Riego.

El Hidrómetro Tipo H está montado sobre la Válvula Hidrante de Riego.

El Hidrómetro Tipo H

Este hidrómetro tiene forma de codo de 120°. Como otros hidrómetros, el Tipo H está constituido por un medidor de turbina vertical, y una válvula de control accionada por diafragma. El modelo Tipo H se suministra en dos tamaños: 2½" y 4".

Válvulas Hidrantes de Riego

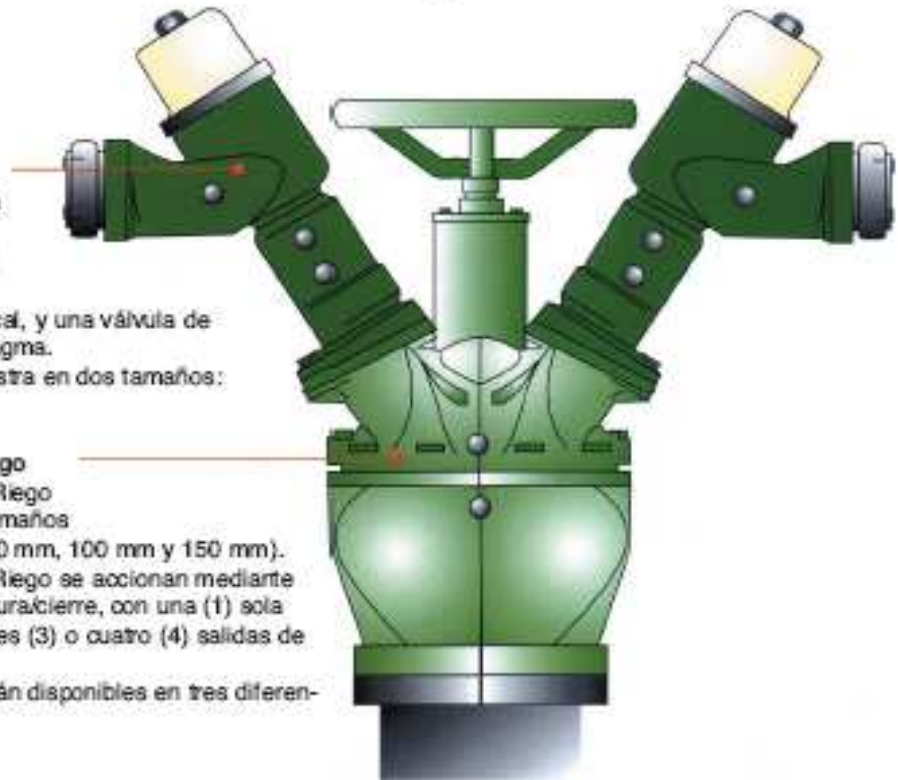
Las Válvulas Hidrantes de Riego están disponibles en tres tamaños de boquillas de entradas (80 mm, 100 mm y 150 mm). Las Válvulas Hidrantes de Riego se accionan mediante un volante manual de apertura/cierre, con una (1) sola brida de entrada, dos (2), tres (3) o cuatro (4) salidas de distribución.

Los Hidrantes de Riego están disponibles en tres diferentes Modelos:

- Tipo F-82
- Tipo A-102
- Tipo A-104

Aplicaciones

- Sistemas de distribución y abastecimiento de aguas a parcelas múltiples.
- Sistemas de control de agua en el sector agrícola.
- Eficiente control de riego en cabecera.



VÁLVULA HIDRANTE DE RIEGO

La válvula hidrante de riego está constituida por una válvula que tiene una brida de entrada y varios orificios de salida, que pueden ser, o bien bridas de forma triangular, o bridas de tipo estándar. La válvula está formada por una cubierta, un eje y un dispositivo de cierre manual. Los componentes de la válvula están ensamblados y posibilitan una variación progresiva del caudal durante el proceso de apertura o cierre de manera que no provoquen golpes de ariete en el sistema colectivo de distribución.

Tipo F-82:

Conexiones finales:

Entrada: 3" (80mm) cualquier estándar de bridas

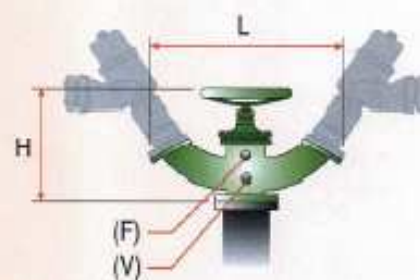
(Opción: brida de 100mm)

Salidas: 2 1/2". Brida triangular.

Tipo opcional: F-81 con una única salida.

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

V - Orificio opcional para colocación de Ventosas.



Tipo A-102:

Conexiones finales:

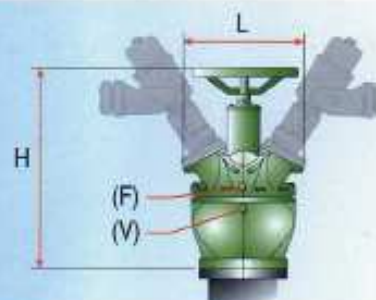
Entrada: 4" (100mm) cualquier brida estándar

Salidas: 4" (100mm), redonda, cualquier brida estándar.

Tipo opcional: A-152 con brida de entrada de 6" (150mm).

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

V - Orificio opcional para colocación de Ventosas.



Tipo A-104:

Conexiones finales:

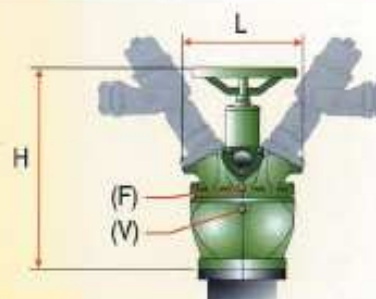
Entrada: 4" (100mm) bridas estándar.

Salidas: 2 1/2" en bridas con forma triangular.

Tipo Opcional: A-154 con brida de entrada de 6" (150mm).

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

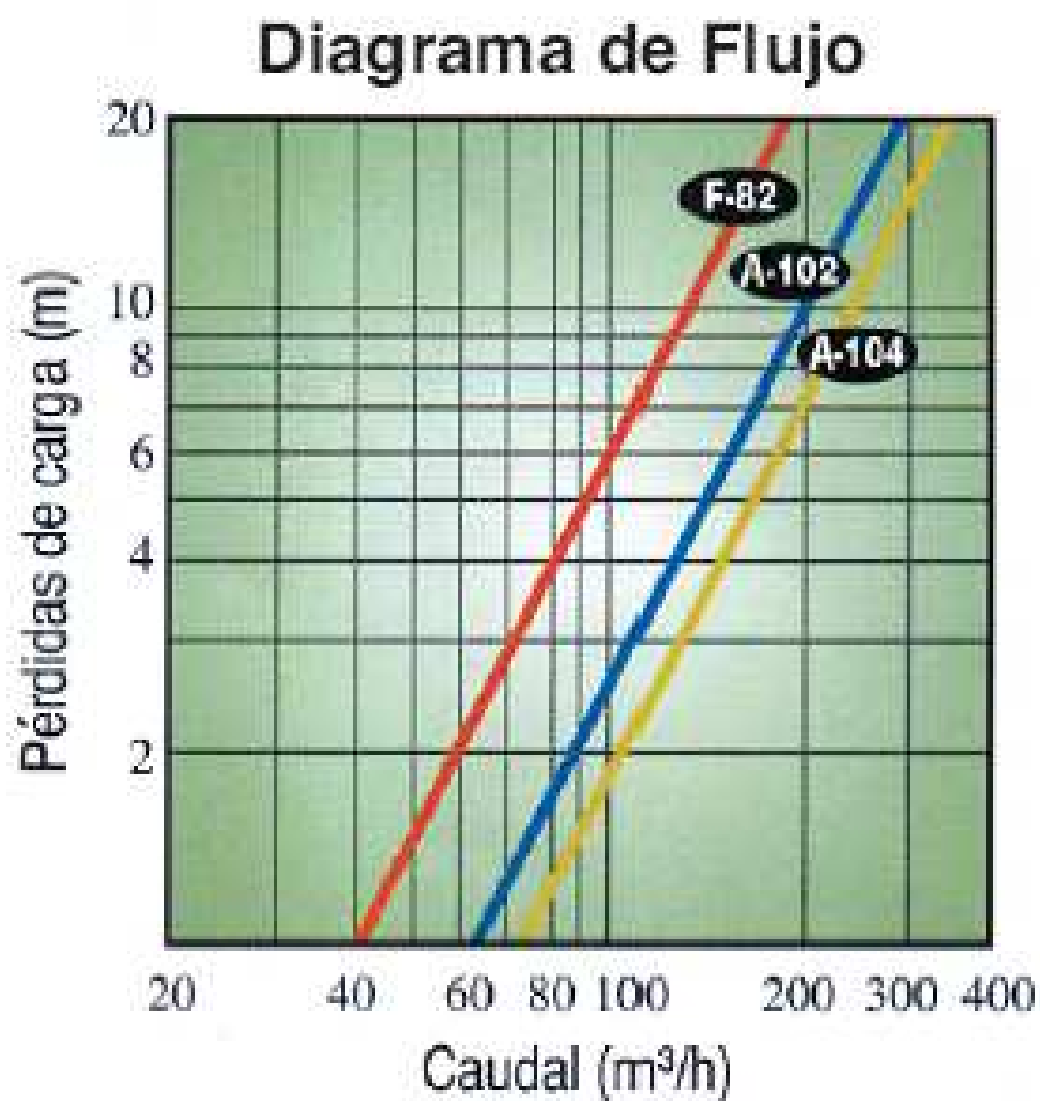
V - Orificio opcional para colocación de Ventosas.



Dimensiones y pesos:

Tipo	F-82	A-102	A-104
L (mm)	490	520	360
H (mm)	360	680	640
Peso (kg)	27.0	65.0	51.1
Nº de salidas	1-2	1-2	1-4

* Existen otros tipos a disposición del cliente bajo pedido.



HIDRÓMETRO TIPO H

El Hidrómetro Tipo H es un dispositivo en forma de codo de 120° formado por un medidor de turbina vertical tipo Woltmann, y una válvula de control accionado por diafragma. Este producto está especialmente diseñado para ser instalado sobre la Válvula Hidrante de Riego para funciones de riego a múltiples parcelas y aplicaciones de suministro y abastecimiento de agua.

El Hidrómetro Tipo H es único debido a la forma de su cuerpo, aunque similar a otros hidrómetros en cuanto a sus funciones de apertura/cierre, modulación, medición del agua, dosificación y opciones de emisión de pulsos eléctricos.

Este Hidrómetro con forma de codo de 120° está diseñado para permitir conexiarse horizontalmente a las tuberías cuando se instala sobre la Válvula Hidrante de Riego.

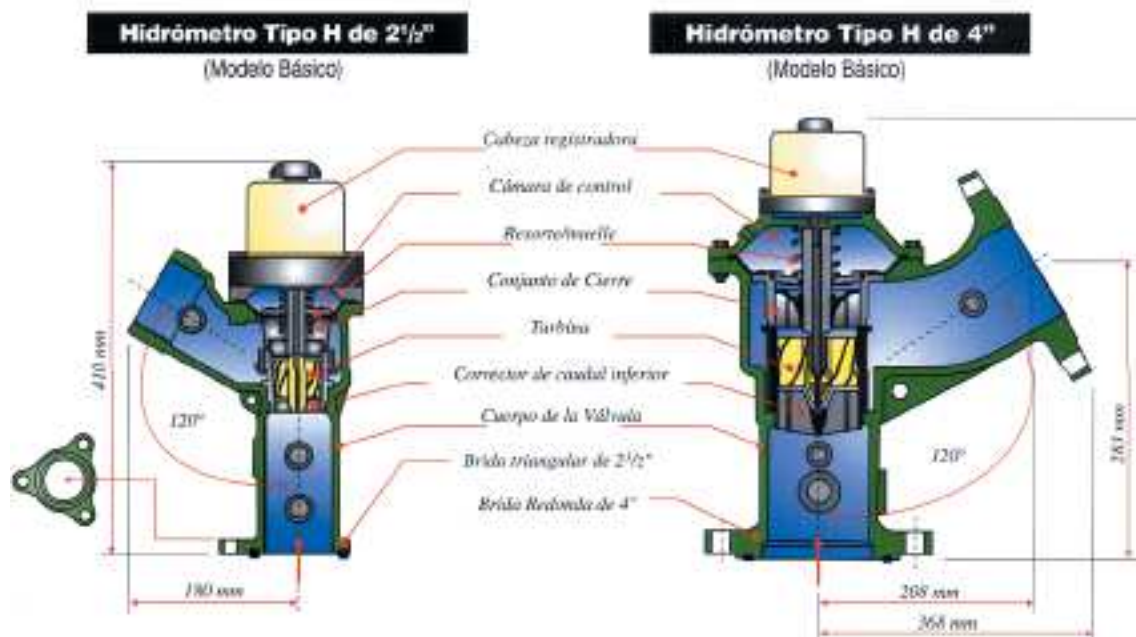
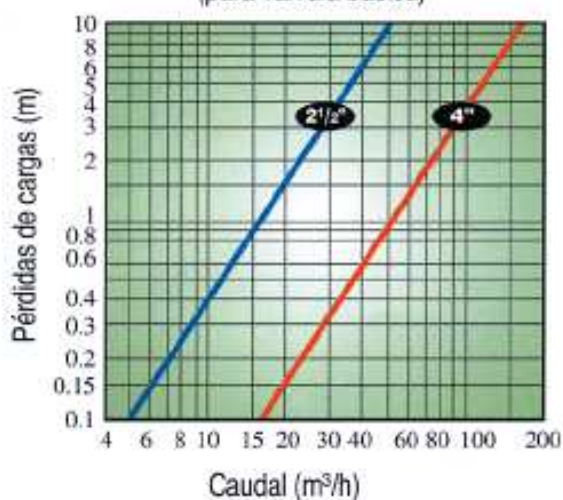


Diagrama de Flujo

(para válvula básica)



Conexiones Opcionales de 2 1/2":

- Acople rápido y Tapón de 2 1/2"
- Rosca BSP de 2 1/2"
- 3" (80mm) cualquier brida estándar

Peso: 9.0 Kg.

Conexiones Finales Opcionales de 4":

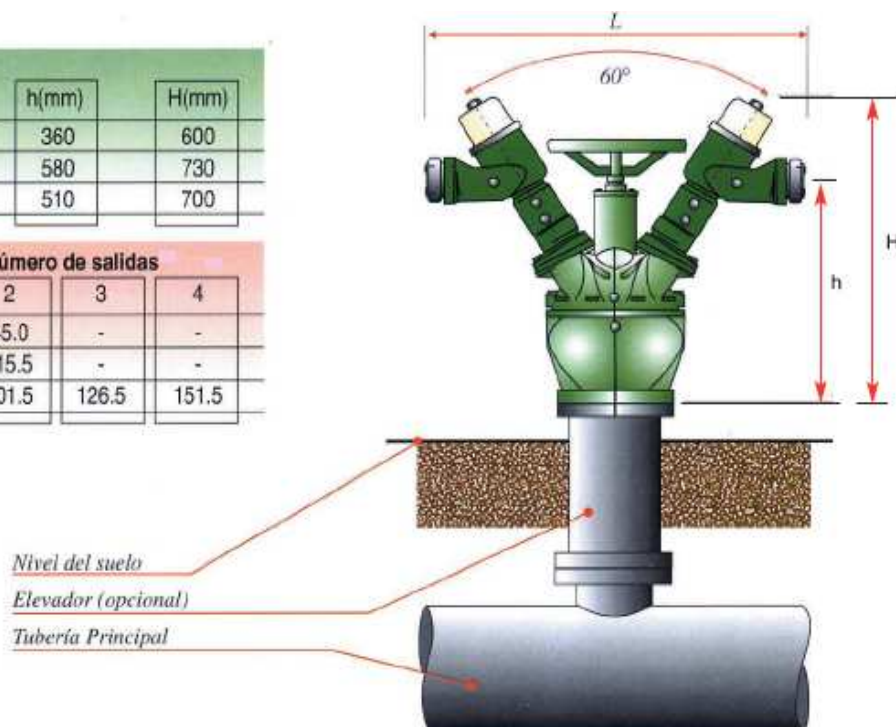
- Acople rápido y Tapón de 4"
- Rosca GB BSP F de 4"
- 4" (100mm) cualquier brida estándar

Peso: 25.0 Kg

Dimensiones

Tipo	L(mm)	h(mm)	H(mm)
F-82	1040	360	600
A-102	1100	580	730
A-104	970	510	700

Pesos (kg)	Número de salidas			
	1	2	3	4
F-82	36.0	45.0	-	-
A-102	90.5	115.5	-	-
A-104	76.5	101.5	126.5	151.5



300 Series

Automatic Hydraulic Control Valves

Medidas y Pesos

Valvula - D (Nominal)	50 (2")	65 (2 1/2")	80 (3")	100 (4")	150 (6")	200 (8")	250 (10")	300 (12")	350 (14")	400 (16")	450 (18")
L (mm)	230	292	310	350	480	600	730	850	980	1100	1200
H (mm)	235	294	400	433	558	650	823	944	990	1250	1250
h (mm)	18	18	28	28	40	60	80	100	100	145	145
DF(PN16) (mm)	165	185	200	220	285	345	410	460	520	580	620
DF(PN25) (mm)	165	185	200	240	305	360	425	485	555	620	670
P (Tomas)	1/2" NPT										
C (Tomas)	1/4" NPT				1/2" NPT		1/2" NPT				
W (mm)	170	170	200	235	330	415	525	610	610	850	850
Peso* (Kg)	12	13	22	37	80	157	245	405	510	822	945
Vol.de la camera (l)	0.1	0.1	0.3	0.7	1.5	4.3	9.7	18.6	18.6	50.0	50.0

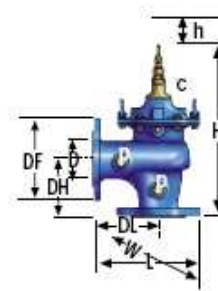
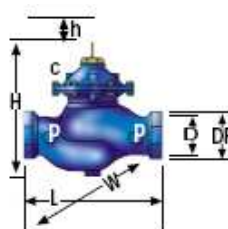
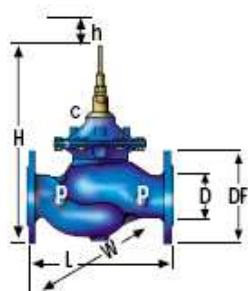
Valvula	Modelo Roscado (TH)				Modelo Angular (A)		
	40 (1 1/2")TH	50 (2")TH	50 (2")A/TH	50 (2")A	80 (3")A	100 (4")A	150 (6")A
L (mm)	215	215	127	127	250	295	405
H (mm)	209	209	212	233	415	445	570
h (mm)	18	18	18	18	28	28	40
DL (mm)			125	122	150	173	240
DH (mm)			106	107	138	147	180
W (mm)	129	129	129	170	200	235	330
Peso* (Kg)	7	7	7	12	20	37	76

*Peso aproximado de envío (PN 25)

Conexiones

(Segun PN16 or PN25)

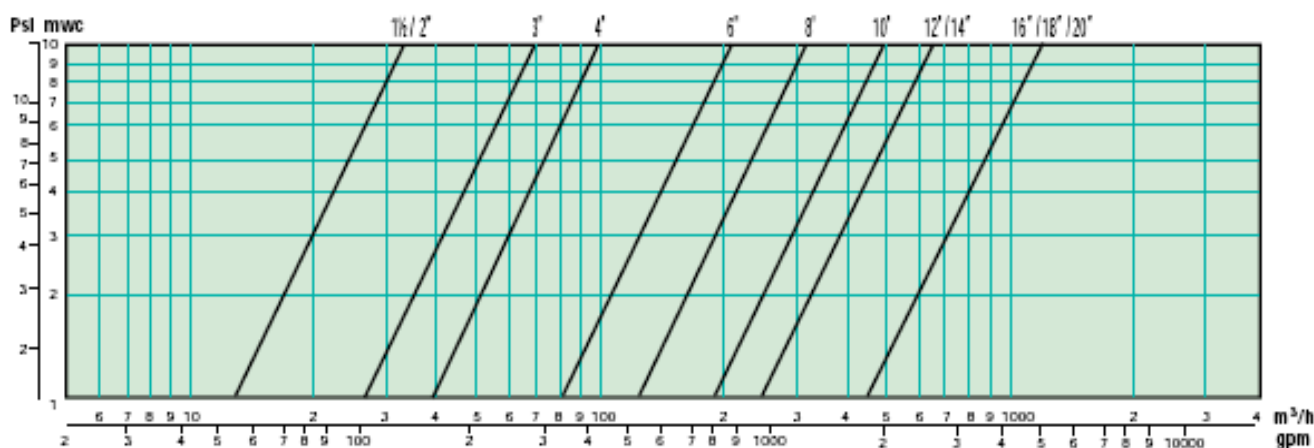
ISO 2084, 2441, 5752
ANSI B16, AS2129, JIS B22.
Otras norma sbajo pedido



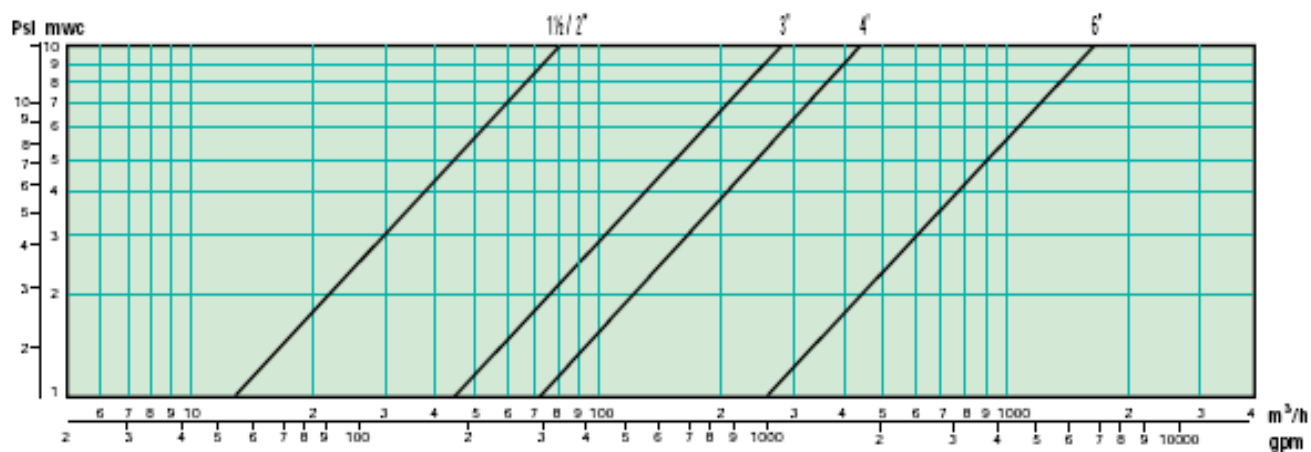
Selección de Tamano

Valvula	40 (1½")	50 (2")	65 (2½")	80 (3")	100 (4")	150 (6")	200 (8")	250 (10")	300 (12")	350 (14")	400 (16")	450 (18")	
Caudal maximo recomendado para funcion continua(m³/h - V=5.5m/s)	25	40	40	90	160	350	480	970	1400	1900	2500	3150	
Caudal maximo recomendado para funcion continua (Gpm - V=18ft/s)	110	180	180	400	700	1600	2800	4300	6200	8400	11000	13900	
Caudal minimo recomendado	<1 m³/h (<5 Gpm)												
Tipo directo													
Factor de caudal:	Kv (Metrico)	43	43	43	103	167	407	676	1160	1600	1600	3300	3300
	Cv (US)	50	50	50	120	195	475	790	1360	1900	1900	3860	3860
Factor de caudal K (Sin unidades)		2.2	5.2	7.7	4.7	5.6	4.8	5.5	4.5	5	9	3.8	5.9
Tipo angular								Para perdida de carga de una valvula com abierta, usar las siguientes formulas: $H(\text{Bar}) = \left(\frac{Q(\text{m}^3/\text{h})}{K_v} \right)^2$ $H(\text{Psi}) = \left(\frac{Q(\text{Gpm})}{C_v} \right)^2$ $H = K \frac{V^2}{2g}$					
Factor de caudal:	Kv (Metrico)	60	60		140	190	460						
	Cv (US)	70	70		164	222	537						
Factor de caudal: K (Sin unidades)		1.3	2.8		3.3	4.3	4.3						

Perdida de Carga- Valvulas de Globo S-300



Perdida de Carga- Valvulas de Globo S-300 Angular



4.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa GENERAL

4.2.1 INTRODUCCIÓN

Como ya se ha explicado en el proyecto anterior de la Estación de Rebombéo General, el suministro a los hidrantes objeto de transformación se realiza mediante 2 redes de riego: la red de Riego TI de la cual se ha hablado en el proyecto anterior; y la red de Riego TN de la que se va a hablar en el presente proyecto.

Como ya se ha explicado anteriormente, el proyecto general consiste en el suministro hídrico de 91 hidrantes, 23 situados en la red de Riego TN y 68 en la red de Riego TI. Cada hidrante a su vez regará las fincas situadas a su alrededor, por lo que podrá tener varias salidas dependiendo de cuantos propietarios interesados haya. El dato de superficie que aparece en la Tabla de los hidrantes ya corresponde con la suma total de los diferentes propietarios que hay en cada hidrante. En el presente anexo, solo aparecen los datos de los 23 hidrantes correspondientes con la Red TN.

La presente parte del proyecto parte desde la Balsa de Regulación de 37471.66 m³ de capacidad cuya cota esta situada a 310.03 m de altitud de la cual parte la Tubería TN. La red de Riego TN incluye todas las tuberías de riego que parten desde la Balsa de Regulación hacia la zona Sur de la Transformación.

Pese a la altitud a la que esta situada la Balsa no es suficiente para llegar con presión a muchos hidrantes situados en la 2ª mitad de la Tubería TN, con lo que se ha decidido colocar una estación de rebombéo.

Señalar también que para aprovechar la energía gravitatoria lo mejor posible se ha colocado una válvula de compuerta en la tubería TI sobre los 3800 m de distancia de la Balsa. Esta válvula estará controlada por un sistema de control que a su vez será el encargado a accionar los motores-bomba cuando sean necesarios. El control de las automatizaciones de los equipos de bombeo también puede realizarse manualmente.

Los cálculos que se corresponden con esta parte del proyecto son:

- Cálculo y explicación de los diferentes caudales usados.
- Cálculo del diámetro de la Tubería TN, y por consiguiente demás características como presión, velocidad, pérdida de carga... .
- Cálculo del tamaño de las bombas usadas en la Estación de Rebombéo de la Balsa de Regulación.

4.2.2 DOTACIONES

Las dotaciones son un factor importantísimo en el diseño ya que nos aportan la información de cuanto caudal por unidad de superficie necesitamos para una determinada finca, en definitiva, para un determinado hidrante.

Seguidamente abajo se puede observar un cuadro con 3 columnas:

- **Nº de tomas:** que se refieren al número de tomas situadas aguas abajo de la toma sobre la que se está realizando el cálculo. Si esta toma es la última, entonces en la columna buscaríamos el 0.
- **P.hidrantes:** que lo podemos explicar como la probabilidad de que los hidrantes situados aguas abajo estén en funcionamiento.
- **Dotaciones:** consiste en aplicar esas probabilidades sobre la dotación inicial de 1,5 (l/s)*ha.

Cálculo de las dotaciones l/(s*ha)		
Nº de tomas	P.hidrantes	Dotaciones
0→3	1	1.5
4→8	0.95	1.425
9→11	0.9	1.35
12→15	0.85	1.275
16→18	0.8	1.2
19→21	0.75	1.125
22→24	0.7	1.05
25→27	0.65	0.975
28→30	0.6	0.9
31→33	0.55	0.825
34→36	0.5	0.75
37→39	0.45	0.675
40→48	0.34	0.51
>=49	0.23	0.34
	Valor elegido	1.5
	Superficie (ha)	5.9778
	Q hidrante (m³/s)	0.00897
	Q anterior (m³/s)	0.17308
	Q suma (m³/s)	0.18205

Se está haciendo énfasis sobre el concepto de la probabilidad para no sobredimensionar en exceso nuestra instalación lo que nos llevaría a unos costes innecesarios para una situación que muy difícilmente, por no decir nunca, se va a producir en la vida real.

También señalar que:

- **Valor elegido:** hace referencia al coeficiente denominado dotaciones que se usa para el cálculo. Señalar que cuando se calcula sobre un hidrante, el coeficiente para ese hidrante es 1,5 utilizándose la regla de la tabla para los hidrantes situados aguas abajo tomando como referencia el sentido de circulación del agua.
- **Superficie:** valor en hectáreas de la superficie. Si se calcula justo en un hidrante será la de ese hidrante, si se calcula en una derivación con otra tubería será la suma de todas las superficies implicadas.
- **Q hidrante (m³/s):** es el resultado de la multiplicación del valor elegido por la superficie y representa el caudal.
- **Q anterior (m³/s):** como se puede intuir por su nombre, representa el caudal acumulado por los hidrantes anteriores. Cabe señalar que la forma de cálculo para la Red TN ha sido de atrás hacia delante, es decir, se ha comenzado por el final de la Tubería TN (hidrante 90) para así poder establecer y asegurarnos un valor de presión óptimo y se ha ido avanzando hasta la Balsa de Regulación, dándonos así cuenta de que era necesario un aporte de presión. Evidentemente, si se está calculando el caudal sobre una derivación y este ha sido calculado en el apartado "Q hidrante", no lo volveremos a repetir aquí.
- **Q suma (m³/s):** es el caudal total que se calcula que circulará por la tubería.

En la siguiente tabla se muestran los datos usados de los hidrantes:

Hidrante	Cota (m)	Sup (Has.)	Q (l/s)	Hidrante	Cota (m)	Sup (Has.)	Q (l/s)
69	259.36	5.9778	8.966	80	255.62	6.9819	10.472
70	251.57	5.1218	7.682	81	260	5.299	7.948
71	255.9	6.6258	9.938	82	267.58	7.3887	11.083
72	241.85	8.04471	12.067	83	250	9.6304	14.445
73	230.2	10.0072	15.010	84	244.59	6.119	9.178
74	237.53	6.9517	10.427	85	242.47	7.4315	11.147
75	227.05	5.8184	8.727	86	245.46	6.7613	10.141
76	210.75	8.355	12.532	87	250.5	6.9135	10.37
77	210.47	10.9962	16.494	88	265	8.061	12.091
78	222.16	6.0694	9.104	89	261.22	8.0409	12.061
79	241.16	8.6625	12.993	90	269.78	10.4884	15.732
				91	237.89	5.0727	7.609

4.2.3 CÁLCULO DEL CAUDAL

En esta parte del proyecto el consumo que se ha tenido en cuenta ha sido el de los hidrantes situados en la red de Riego TN.

La red de Riego TN está formada por 23 hidrantes (del 69 al 91). Si se sigue la tabla explicada en el apartado "Dotaciones", también llamada regla de las dotaciones, el cálculo del caudal total necesario es de 0.18205 m³/s.

Señalar que las condiciones que se han impuesto son muy desfavorables, con lo que es prácticamente imposible que estas lleguen a ocurrir alguna vez.

4.2.4 ELECCIÓN DE LAS BOMBAS

ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa de Regulación

Para entender la elección de la bomba conviene saber los cálculos realizados en una hoja Excel cuyos resultados están expuestos en la tabla "Funcionamiento de la Red TN sin Bombeo", para conseguir cumplir con las condiciones de caudal citadas y vencer el desnivel geográfico existente y las pérdidas de carga a lo largo del trayecto. Se opta por usar una bomba Caprari, modelo PML 150 a 1450 r.p.m. (la hoja de características viene expuesta a partir de la pag 270). Para realizar el cálculo del número de bombas que se necesitan primero hay que fijarse en el caudal, en la fila de m³/h, en el dato 237.6. Si se pasan a m³/s son 0.066.

Se calcula el número de bombas:

$$0.18205/0.066 = 2.75 \approx 3 \text{ bombas}$$

Según el procedimiento de cálculo hidráulico llevado a cabo (el cual será explicado en el apartado "Fórmulas a emplear"), el aporte de presión mínimo de las bombas tiene que ser de 36.19 mca.

Lo que significa que la bomba elegida tendrá que superar esta cifra de energía. Si nos fijamos en la hoja de características de la bomba se observa que el fabricante proporciona diferentes tipos de rodets (A, B, C, D, E, F y G). Cada tipo de rodete tiene unas características que vienen explicadas gráficamente como la potencia necesaria y la altura que es capaz de alcanzar un rodete. También cabe indicar que es posible mezclar las características de 2 rodets próximos (los rodets se diferencian unos de otros por una serie de detalles en su construcción). Para la bomba se han elegido rodets tipo C. Se puede determinar que para el caudal elegido cada rodete supone una altura de 18.3 mca, por lo que:

$$18.3 \times 3 = 54.9 \text{ mca} > 36.19 \text{ mca}$$

Se necesitan 3 rodets. Señalar que con 2 rodets también hubiese sido suficiente, pero demasiado justo. También se observa que el rendimiento de la bomba es de 75.8%.

Según el fabricante, la comprobación de que esta configuración es correcta sería la siguiente:

- N: Es la potencia absorbida en kW.
- n: son las r.p.m.

El catálogo dice que $N/n \text{ max} = 0.24$. Se tiene que:

$$N = 15.5 \times 3 = 46.5 \qquad n = 1450$$

Lo que significa que:

$$N/n = 46.5/1450 = 0.032 < 0.24 \rightarrow \text{Es correcta}$$

La nomenclatura correcta a la hora de solicitar esta bomba a la empresa sería PML 150/3 C. Pero esta bomba va a tener que ser movida por un motor eléctrico. El fabricante aconseja para este caso un motor de 55 kW.

4.2.5 FÓRMULAS A EMPLEAR

En este apartado lo que se va a realizar va a ser una explicación general de las fórmulas empleadas y del proceso de cálculo llevado a cabo para calcular los parámetros hidráulicos en toda la tubería TN.

Viendo la diferencia de cotas entre la Balsa de Regulación y el último hidrante de la tubería TN, el 90, se podía presuponer al principio que quizás con la energía potencial gravitatoria fuese suficiente. Para comprobarlo se ha ido calculando tramo a tramo mediante la ECUACIÓN DE BERNOULLI, del final de la tubería TN hasta el principio (la Balsa de Regulación) donde la conclusión final ha sido que es necesario efectuar un aporte de presión con la construcción de una estación de rebombeo en dicha Balsa. Los resultados de todos estos tramos están expuestos en la tabla de resultados "Funcionamiento de la Red TN sin Bombeo", en la pag 264. Señalar que en esta tabla también vienen reflejados los cálculos de los tramos de tuberías de las derivaciones de la tubería TN.

Como ya se ha nombrado en el apartado de "Elección de las bombas" el sistema de cálculo consiste en ir calculando tramo a tramo los parámetros hidráulicos usando como caudal el resultado de ir aplicando la regla de dotaciones explicada en el apartado "Dotaciones". También señalar que esto nos asegura unas condiciones de caudal claramente desfavorables, con lo que es muy probable que en la mayoría de momentos las pérdidas de carga sean menores.

Los datos de los que se dispone son las necesidades hídricas, es decir, los caudales; el trazado de todas las tuberías con sus perfiles geográficos (se encuentran a partir de la pag 266), pero sin conocer el diámetro de las mismas; además de datos proporcionados por los fabricantes como:

- La rugosidad absoluta (ϵ) en mm que para el PVC es 0.002776 y para el PRFC es 0.029.
- Las pérdidas de carga producidas en el hidrante, en el regulador de presión y limitador de caudal, en el contador y las debidas a las válvulas de seccionamiento de principio de línea. A partir de la pag 274 se muestran los diagramas de pérdida de carga en función del caudal.

El criterio llevado a cabo para la elección de los materiales en tuberías es:

Diámetro (Ø)	Presión nominal	Material
<630 mm	≤10 bar	PVC
<630 mm	>10 bar	PRFC
700<Ø<800 mm	-	PRFV

Para la tubería principal TN solo se ha usado PVC al igual que en todas sus derivaciones.

También decir que se han considerado los tramos como una trayectoria recta, es decir, no se han tenido en cuenta las pérdidas asociadas a los cambios de dirección, aunque ya el diseño del trazado ha sido diseñado para intentar evitar dentro de lo posible los codos.

Para calcular las pérdidas de carga que se producen en las tuberías se ha usado la ECUACIÓN DE BERNOULLI:

$$h_1 + (P_1/Y_1) + [(V_1^2)/(2 \times g)] = h_2 + (P_2/Y_2) + [(V_2^2)/(2 \times g)] + \Delta h$$

Donde:

h_1, h_2 Término energético que hace referencia a las alturas geográficas en los puntos 1 y 2 respectivamente. Se expresa en m.

$(P_1/Y_1), (P_2/Y_2)$ Término energético que hace referencia a la presión en los puntos 1 y 2 respectivamente. En sistemas de conducción de fluidos, en este caso el agua, es habitual como unidad el metro de columna de agua (mca) donde la equivalencia con otras unidades de presión es:

$$P_{atm} = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar} = 1.033 \text{ Kgf/cm}^2 = 10.33 \text{ mca}$$

$(V_1^2)/(2 \times g), (V_2^2)/(2 \times g)$ Término correspondiente a la energía cinética que lleva el fluido. V en m/s y g en m/s².

Δh Pérdida de energía total en el sistema (mca).

Precisamente si se descomponen estas Δh se tiene:

$$\Delta h = \Delta h_{hid} + \Delta h_{rl} + \Delta h_{con} + \Delta h_{valv} + IL$$

Siendo:

Δh_{hid} Pérdida de carga o de energía en el hidrante, en mca.

Δh_{rl} P.c. debida al regulador de presión y al limitador de caudal, en mca.

Δh_{con} P.c. debidas al contador, en mca.

Δh_{valv} P.c. debida a la válvula de seccionamiento y/o a la de retención, en mca.

I Es la p.c. por unidad de longitud en la tubería, en mca/m.

L Longitud en m de la tubería.

Para calcular la I se hace uso de la ECUACIÓN DE DARCY

$$I = (f \times V^2) / (D \times 2 \times g)$$

En donde:

f	Coeficiente de fricción.
V	Velocidad media en la tubería en m/s.
D	Diámetro de la tubería en mm.
g	Aceleración de la gravedad en m/s ² . Se considera 9.8 m/s ² .

Por tanto, para calcular las pérdidas de carga totales habrá que multiplicarlo por la longitud (L) en m de la tubería, quedándonos en total IL , término que también se denomina h_f .

El coeficiente de fricción "f" es función del número de Reynolds R y de la rugosidad relativa ε/D , y se puede calcular o bien gráficamente mediante el diagrama de Moody o bien analíticamente con la FÓRMULA DE COLEBROOK:

$$(1/\sqrt{f}) = -2 \log_{10}\{[(\varepsilon/D)/3,7] + [2,51/(R\sqrt{f})]\}$$

Lo que hay que ver de esta fórmula de Colebrook es que:

$$R = (V \times D) / \nu \quad \text{y que la rugosidad relativa} = \varepsilon/D$$

Con la novedad de que:

R	Número de Reynolds.
ν	Viscosidad cinemática del agua, cuyo valor considerado es $\nu(17^\circ\text{C}) = 1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.
ε	rugosidad absoluta, en mm.

Tenemos que observar que tenemos que introducir el dato del caudal, que es un dato conocido, en la ecuación de Darcy. Para ello, vamos a tener que hacer el siguiente cambio:

$$Q = V \times A = V \times (\pi R^2) = V \times (\pi (D/2)^2) \rightarrow V = Q / (\pi (D/2)^2) = (4Q) / (\pi D^2)$$

Destacar que en la ecuación de Bernoulli, para este caso en concreto, el término de energía cinética se puede suprimir ya que a lo largo de un tramo de tubería, la velocidad del fluido tanto al principio como al final, al ser el diámetro de la tubería constante, se va a mantener igual. Ciertamente es que en la tabla de resultados hay una columna referida al término cinético, pero precisamente se ha calculado para ver como su valor resulta despreciable comparado tanto con el término de altura como el de presión.

El cálculo hidráulico que se ha realizado consiste básicamente en 2 partes:

- Cálculo del diámetro conocidos Δh y Q, que se denomina comúnmente parte de DISEÑO.
- Cálculo de Δh conocidos Q y D, supuesto que ε y L son datos, denominado ANÁLISIS DE PRESIONES.

A continuación se va a explicar con más detalle el cálculo de la tabla de resultados "Funcionamiento de la Red TN sin bombeo".

4.2.5.1 Funcionamiento de la Red TN sin bombeo

El sentido de circulación del fluido es de la Balsa de Regulación hacia el final de la tubería TN, es decir, hacia el hidrante 90. Por tanto, por verlo en un ejemplo, el subíndice "1" (punto inicial) correspondería con la situación del hidrante 89 mientras que el subíndice "2" (punto final)

correspondería en este caso con el hidrante 90. En el siguiente tramo el hidrante 89 pasa a ser el punto final y el hidrante 88 el punto inicial y así sucesivamente. A su vez, para saber el caudal, en cada uno de estos tramos se aplica lo explicado en el apartado "Dotaciones" en la pag 264.

Por tanto los datos conocidos iniciales son:

- $h_{Balsa} = 310.03 \text{ m.}$
- P_2 hidrante 90 = 2.2 bares para garantizarnos así que la presión al final de la tubería es la idónea.
- Alturas gravitatorias de hidrantes y derivaciones en la tubería TN.
- Q en cada tramo e hidrante.
- Δh_{hid} , Δh_{rl} , Δh_{con} y Δh_{valv} ya que se conoce Q .
- $v(17^\circ\text{C}) = 1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s.}$
- ϵ donde la elección entre PVC o PRFC dependerá del término de presión P/Y . Para presiones de hasta 10 bar se puede usar PVC, para presiones superiores mucho mejor usar PRFC. Señalar que para la red de Riegos TN solo se ha usado PVC ya que las presiones calculadas no llegan a 10 bares.

Además para el caso particular del cálculo del diámetro de las tuberías en las derivaciones de la tubería TN, este cálculo aún resulta más fácil ya que se conocería tanto el término de presión al final (se ha considerado que para el adecuado funcionamiento, la presión en el último hidrante tenía que ser de 2.2 bares) como la presión al principio de la derivación ya que saldría precisamente gracias al cálculo en forma de "árbol", del final de la tubería TN hacia el principio que se va realizando sucesivamente y a tramos tal y como se ha acaba de explicar en el párrafo anterior.

Una vez sabido esto se realiza la parte de DISEÑO.

Para empezar conviene recordar que al principio de esta página se ha despejado la velocidad. Entonces lo sustituiríamos en la ecuación de Darcy ya que el dato de la velocidad V no lo conocemos. Pensando en la forma de la expresión de la fórmula de Colebrook y en que lo que nos interesa es calcular el diámetro despejaríamos en la fórmula de Darcy lo siguiente:

$$(1/\sqrt{f}) = \sqrt{[(8L) / (\pi^2 \times g \times hf)] \times [Q/D^{2.5}]} = K \times D^{-2.5}$$

y sustituyendo en la fórmula de Colebrook:

$$K \times D^{-2.5} = -2 \log_{10} \left\{ \frac{\epsilon/(3.7D)}{1 + [(2.51K\pi v)/(4QD^{1.5})]} \right\} \rightarrow$$

$$D = [-(2/K) \log_{10} \left\{ \frac{\epsilon/(3.7D)}{1 + [(2.51K\pi v)/(4QD^{1.5})]} \right\}]^{-0.4}$$

nos proporciona una expresión del tipo $D = G(D)$ mediante la cual podemos realizar un cálculo iterativo de punto fijo. Si se despeja de la ecuación de la pérdida de carga (ecuación de Darcy multiplicado por la longitud) el diámetro D queda:

$$D = [(8 \times f \times L \times Q^2) / (g \times hf \times \pi^2)]^{0.2}$$

Para iniciar el cálculo se considera un primer valor del factor de fricción f' y se sustituye en la ecuación anterior quedando:

$$D' = [(8 \times f' \times L \times Q^2) / (g \times hf \times \pi^2)]^{0.2}$$

Con el diámetro D' obtenido, sustituimos en la ecuación anterior de Colebrook, obteniendo un segundo valor como $D'' = G(D')$, y así continuaría hasta que la diferencia entre dos diámetros sucesivos calculados sea despreciable (límite de convergencia del proceso).

Todo este proceso se realiza a través de una hoja Excel. Por tanto tan solo puede haber una incógnita para que el programa realice los cálculos. Lo que significa que el término de presión en el punto inicial (h_1/Y_1) hay que suponerlo inicialmente, al igual que como se ha dicho anteriormente la f . Esto tampoco supone un problema ya que lo que hay que intentar conseguir en un correcto diseño de riego es que las pérdidas en la tubería sean lo menor posible y además en este caso intentar que el término h_1/Y_1 sea también lo menor posible, ajustarlo dentro de valores razonables ya que al final este término va a ser el que nos va a indicar si hace falta un aporte de presión y cual va a tener que ser su valor; además también es muy importante conseguir presiones en la tubería entre 5 y 10 bares para así poder alimentar las derivaciones de la tubería TN.

Cabe señalar que el diámetro final obtenido D corresponde a un diámetro interior. Evidentemente D no se ajusta generalmente a los tamaños estándar del mercado. Estos tamaños de mercado son:

Tubería PVC presión serie lisa PN 6		
D. nominal	Espesor	D. interior
63	1.5	60
75	1.8	71.4
90	2.2	85.6
110	2.7	104.6
125	3.1	118.8
140	3.4	133.2
160	3.9	152.2
180	4.4	171.2
200	4.9	190.2
250	6.1	237.8
315	7.7	299.6
400	9.8	380.4

Tubería PVC presión serie lisa PN 8		
D. nominal	Espesor	D. interior
63	2	59
75	2.3	70.4
90	2.8	84.4
110	3.4	103.2
125	3.9	117.2
140	4.3	131.4
160	5	150
180	5.5	169
200	6.2	187.6
250	7.8	234.4
315	9.8	295.4
400	12.4	375.2

Tubería PVC presión serie lisa PN 10		
D. nominal	Espesor	D. interior
90	4.3	81.4
110	4.5	101
125	4.8	115.4
140	5.4	129.2
160	6.2	147.6
180	6.9	166.2
200	7.7	184.6
250	9.6	230.8
315	12.1	290.8
400	15.4	369.2
500	20.3	459.4
630	24.2	581.6

Tubería PRFV presión serie PN 12		
D. nominal	Espesor	D. interior
90	4.7	80.6
110	5.2	99.6
125	6	113
140	6.7	126.6
160	7.6	144.8
200	9.5	161
225	10.7	203.6
250	11.9	226.2
315	15	285
355	16.6	321.8
400	19	362
500	23.8	452.4
630	29	572

El hecho de que el diámetro final que se vaya a instalar no coincida con el diámetro calculado es lo que repercute es un pequeño error en el cálculo de la presión en el punto inicial. Este error se puede solventar realizando un ANÁLISIS DE PRESIONES.

El único problema se limita al cálculo del factor de fricción $f = f(\epsilon_r, Re)$, que puede realizarse

bien mediante el diagrama de Moody o bien como se ha realizado aquí con la fórmula de Colebrook (suponiendo como así es que el régimen es turbulento).

Despejando de la fórmula de Colebrook obtenemos:

$$f = G(f) = 0.25 / \{ \log_{10} [(\epsilon r / 3.7) + 2.51 / (R \times \sqrt{f})] \}^2$$

Para obtener f mediante un proceso iterativo comenzaremos con un valor f' que sustituido en $G(f)$ nos dará como resultado $f'' = G(f')$. Luego para obtener $f''' = G(f'')$ y así sucesivamente hasta que el valor en ambos términos de la igualdad se considere lo suficientemente aproximado como para darlo válido.

Con esta fresultante calculamos la nueva pérdida de carga IL' :

$$IL' = (8 \times f' \times L \times Q^2) / (\pi^2 \times g \times D^5)$$

Para calcular de nuevo las nuevas pérdidas totales, $\Delta h'$, habrá que sumar la pérdida de carga en los instrumentos. Por tanto nos quedaría:

$$\Delta h' = IL' + \Delta h_{hid} + \Delta h_{rl} + \Delta h_{con} + \Delta h_{valv}$$

Con lo que resulta que despejando el término P_1/Y_1 de la ecuación de Bernoulli obtendremos la presión en el punto desconocido, eso si en mca. Una vez conocido el diámetro D de la tubería se puede saber la velocidad del fluido:

$$V_{agua} = (4Q) / (\pi D^2)$$

El término de la energía cinética quedaría:

$$V^2 / (2 \times g)$$

En la página siguiente está la tabla de resultados "Funcionamiento de la Red TN sin bombeo" donde para aclarar decir que:

- P final tramo → Punto final del tramo.
- Tub → Tubería.
- D res (mm) → Diámetro resultante tras la parte de DISEÑO, en mm.
- E. cin (mca) → Energía cinética del agua, en mca.
- P.C ins (mca) → Pérdida de carga en los instrumentos (hidrante, hidrómetro, contador, válvulas) en mca.
- P.C.tub (mca) → Pérdida de carga en tubería, en mca.
- P. fin (bar) → Presión en el tramo final en bares.
- f → Coeficiente de fricción.
- D (mm) → Diámetro comercial en mm.
- Obsevaciones → Decir que esta puesta la presión nominal (PN) de la tubería y si el tramo coincide al final con un hidrante, se pone el diámetro en pulgadas de válvula e

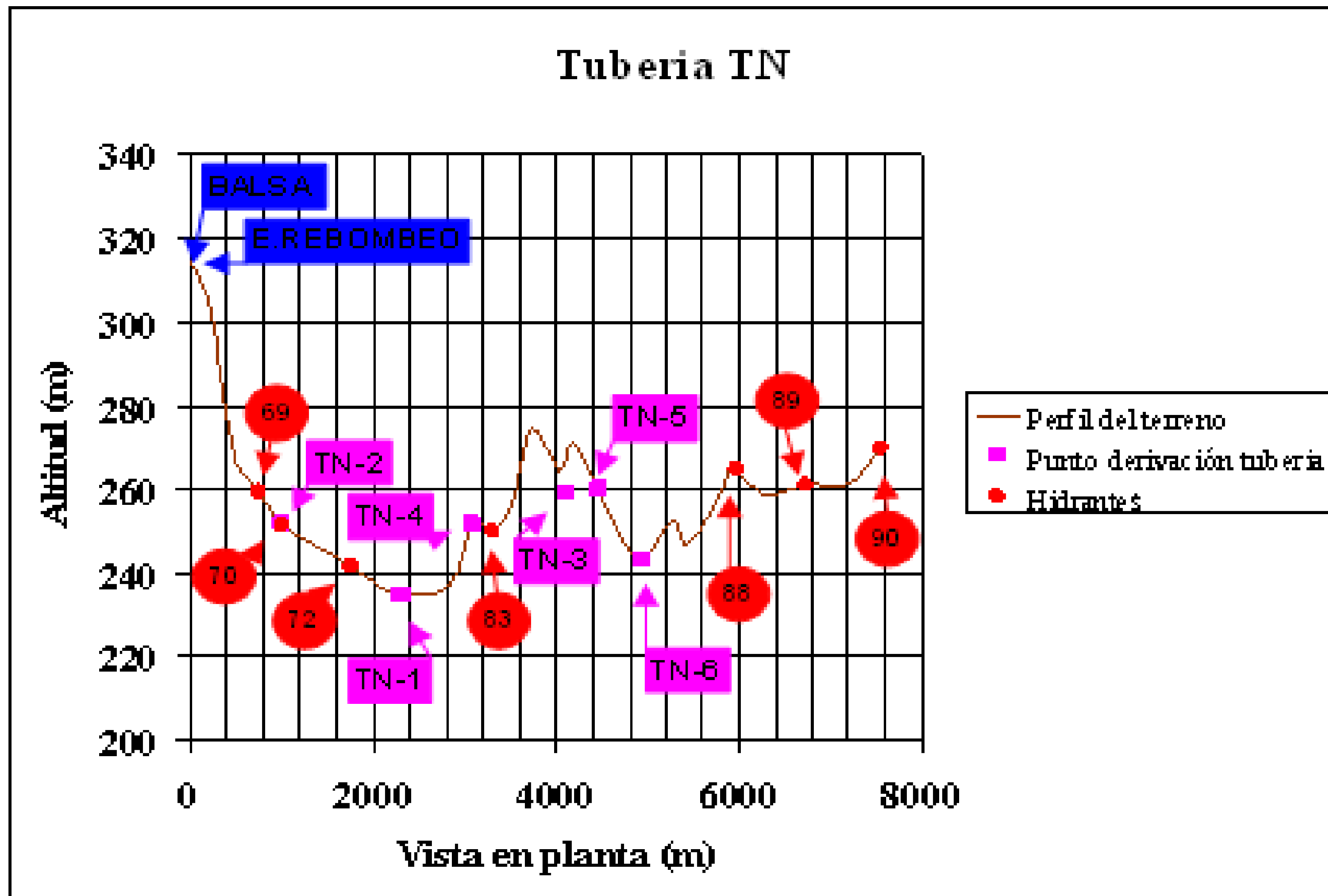
hidrómetro y el tipo de hidrante. Sus gráficas de las pérdidas de carga están en la pag 275.

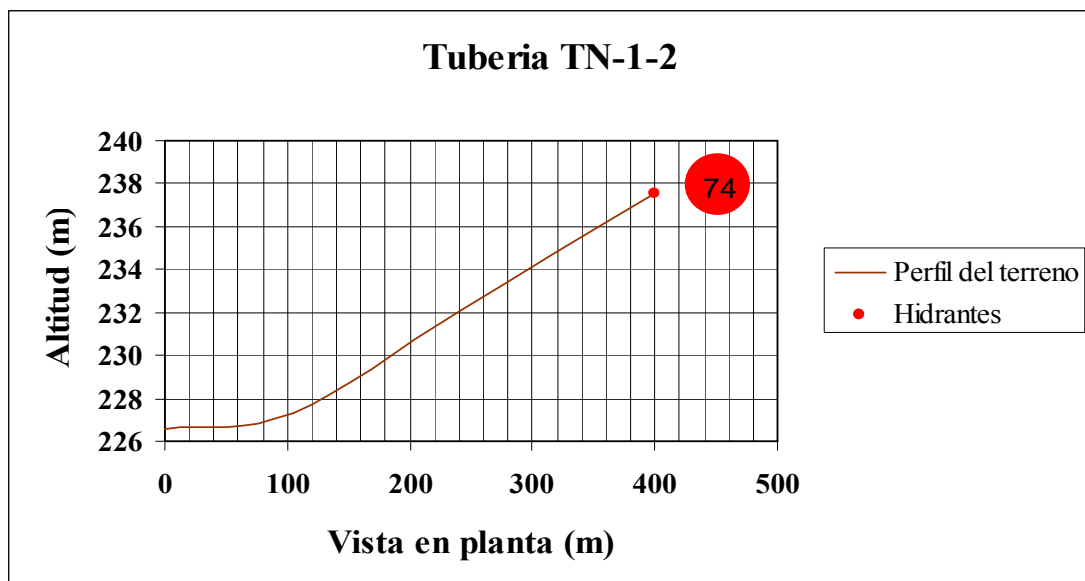
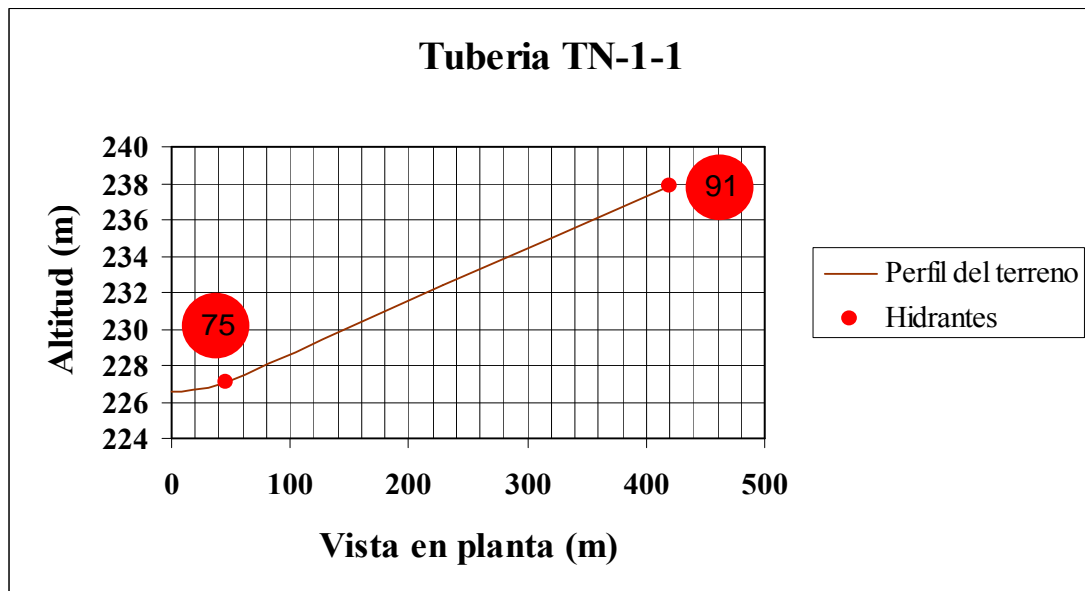
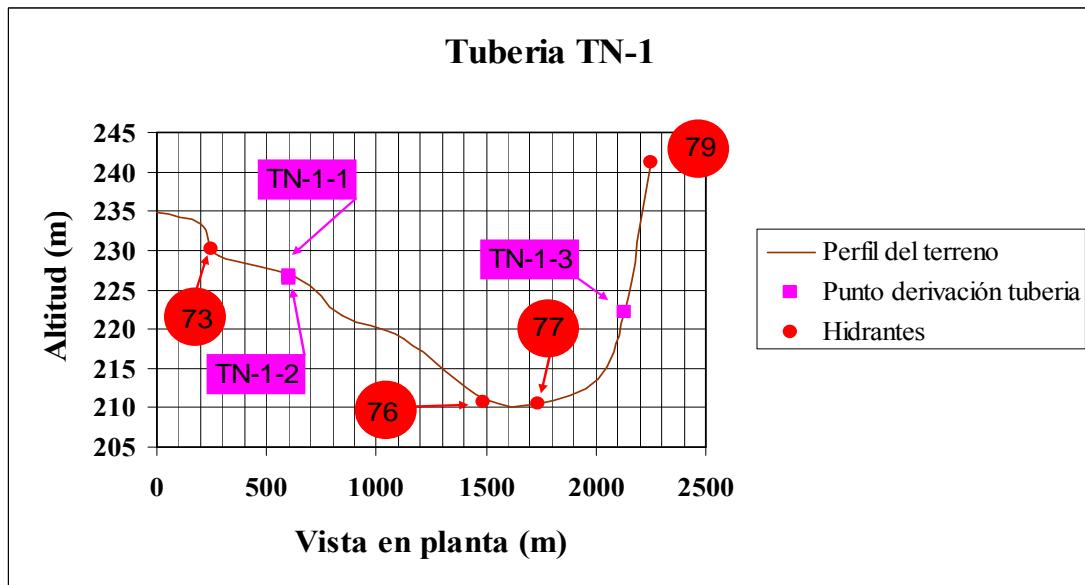
4.2.6 TABLAS DE RESULTADOS Y GRÁFICAS DE TUBERÍAS

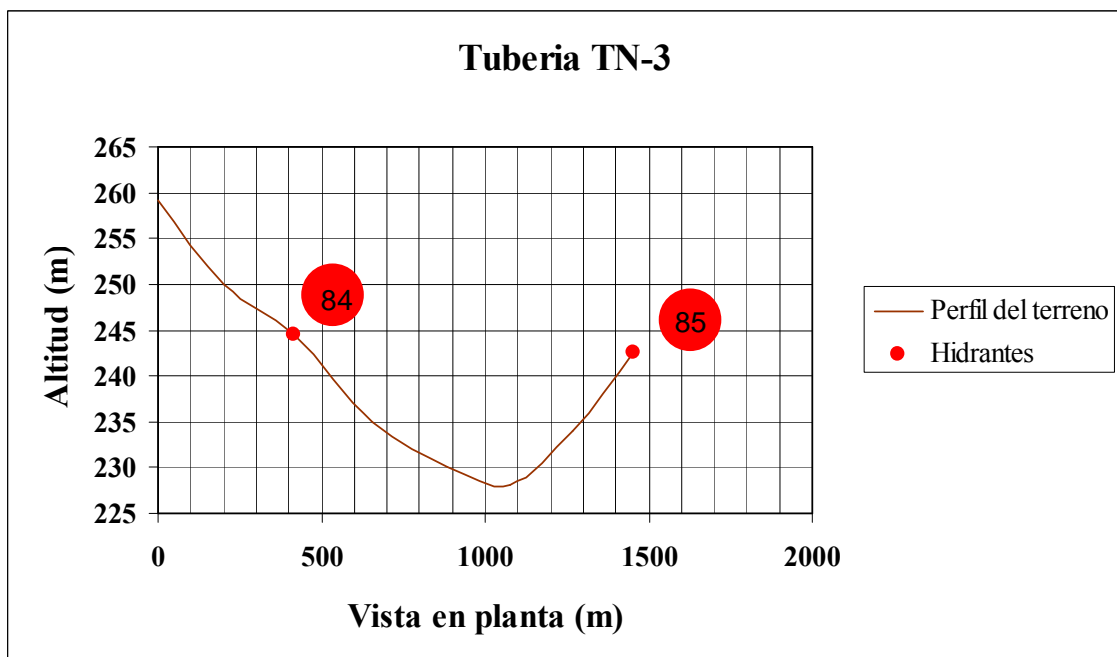
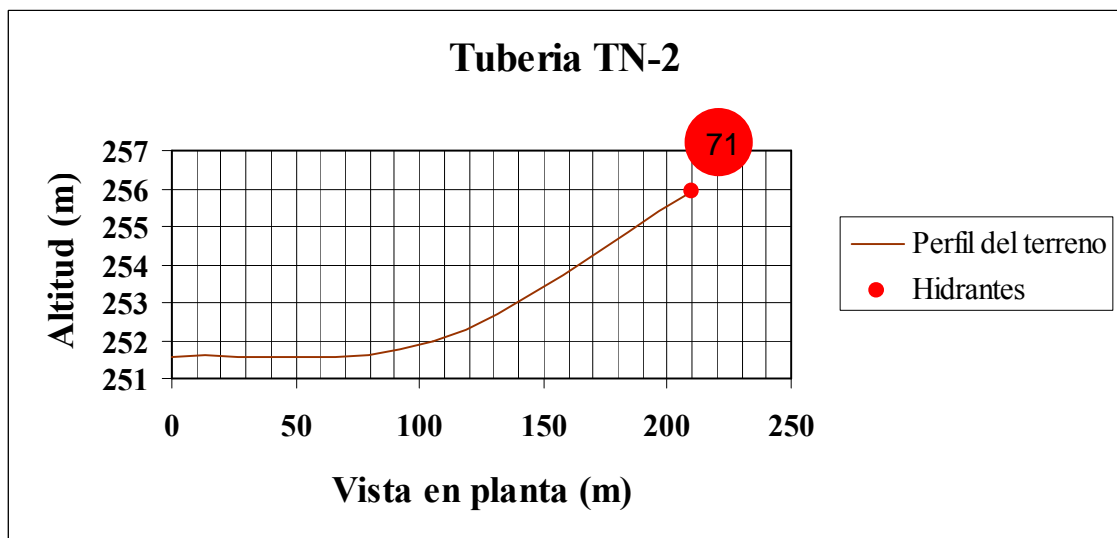
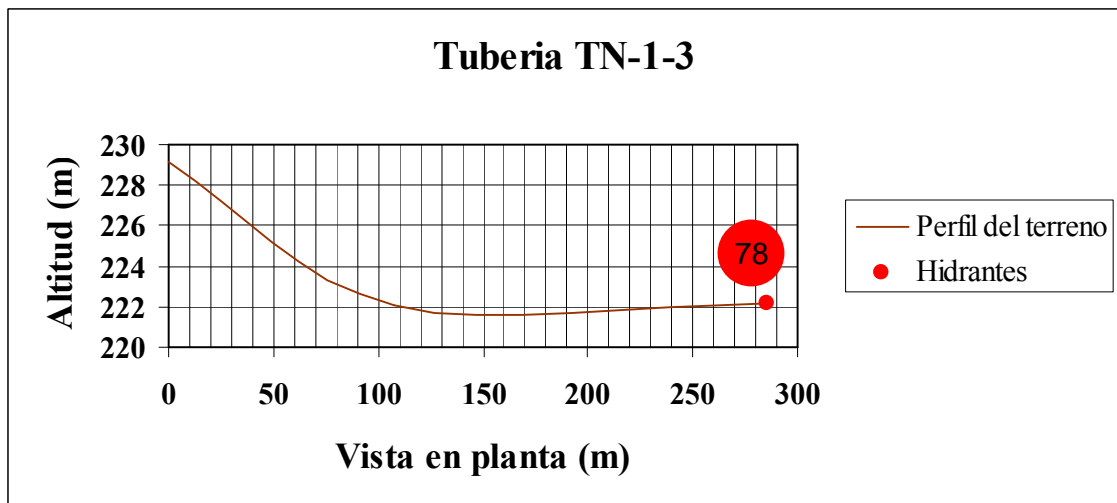
TABLA DE RESULTADOS													
FUNCIONAMIENTO DE LA RED TN sin BOMBEO													
P final tramo	Tub	L (m)	Cota (m)	Q (m³/s)	D res (mm)	V (m/s)	E. cin (mca)	P.C.ins (mca)	P.C.tub (mca)	P. fin (bar)	f	D (mm)	Observaciones
90	TN	819	269.78	0.01573	168	0.6834	0.0349	1.06	5.19	2.2	0.0455	180	Uso de valv de 6". hid A-102. hidro de 4". tub PN 6
89	TN	765	261.22	0.02779	183	0.9782	0.0499	2.17	8.56	3.65	0.0436	200	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro de 4". tub PN 6
88	TN	1006	265	0.03988	221	0.9533	0.0486	2.25	8.22	4.33	0.0407	250	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro de 4". tub PN 10
87	TN-6	231	250.5	0.01037	78	1.2944	0.066	5	10.9	2.2	0.0555	110	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 10. v. secc 3"
TN-6	TN	516	243.14	0.05025	271	0.7567	0.0386	2	1.96	7.5	0.0378	315	Tub PN 10. valv. secc. 8" tipo globo
86	TN-5	351	245.46	0.01014	81	1.2125	0.0618	4.65	14	2.2	0.055	110	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 8. v. secc 3"
TN-5	TN	240	260.2	0.05737	275	0.8372	0.0427	0	1.08	6.21	0.0374	315	Tub PN 8
P alto	TN	111	271.05	0.05737	283	0.8372	0.0427	1.2	0.5	5.25	0.0374	315	Tub PN 8. valv. secc. 10" tipo globo
85	TN-3	381	242.47	0.01114	104	1.0332	0.0527	1.92	18.4	2.2	0.0523	125	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro de 4". tub PN 8
P bajo	TN-3	657	228.04	0.01114	108	1.0332	0.0527	0	16	4.7	0.0523	125	Tub PN 8
84	TN-3	417	244.59	0.02031	118	1.5498	0.079	3.21	19.9	4.64	0.0502	140	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 10. v. secc 3"
TN-3	TN	357	259.11	0.07668	343	0.6936	0.0353	0	0.8	6.58	0.0346	400	Tub PN 8
P alto	TN	436	274.48	0.07668	345	0.6936	0.0353	0	0.98	5.15	0.0346	400	Tub PN 8
83	TN	216	250	0.09113	337	0.8512	0.0434	3.11	0.75	7.64	0.0347	400	Uso valv 6". hid A-102. hidro 4". tub PN 10. v. secc 14"
82	TN-4	185	267.58	0.01108	95	0.9998	0.051	1.11	4.13	2.2	0.052	125	Uso de valv de 6". hid A-102. hidro de 4". tub PN 6
81	TN-4	271	260	0.01903	118	1.4034	0.0716	1.23	10.3	3.45	0.0499	140	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 8
80	TN-4	228	255.62	0.0295	130	1.7243	0.0879	3.58	11.2	5.01	0.0476	160	Uso valv 4". hid F-82. hidro 4". tub PN 10. v. secc 6"
TN-4	TN	774	251.66	0.1122	420	0.698	0.0356	0	1.38	7.85	0.0326	500	Tub PN 12
79	TN-1	118	241.16	0.01299	103	1.2044	0.0614	1.97	3.9	2.2	0.0522	125	Uso de valv de 6". hid F-82. hidro de 4". tub PN 8
78	TN-1-3	285	222.16	0.0091	88	1.0594	0.054	3.77	8.54	2.2	0.0547	110	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 6. v. secc 3"
TN-1-3	TN-1	393	222.08	0.02209	163	0.9855	0.0502	0	5.24	4.64	0.0455	180	Tub PN 8
77	TN-1	259	210.47	0.03858	181	1.4416	0.0735	1.5	6.35	6.29	0.0439	200	Uso de valv de 6". hid A-102. hidro de 4". tub PN 10
76	TN-1	645	210.75	0.05111	213	1.2218	0.0623	2.28	8.64	7.03	0.0406	250	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro de 4". tub PN 10
74	TN-1-2	399	237.53	0.01042	93	1.2466	0.0636	4.8	16.8	2.2	0.0549	110	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 8. v. secc 3"
91	TN-1-1	375	237.89	0.0076	90	0.9097	0.0464	0.81	8.45	2.2	0.0551	110	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 8
75	TN-1-1	45	227.05	0.01633	72	1.953	0.0996	4.15	4.65	3.1	0.0548	110	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 8. v. secc 4"
TN-1-1	TN-1	207	226.75	0.07399	222	1.7686	0.0902	0	5.79	6.65	0.0405	250	Tub PN 10
73	TN-1	636	230.2	0.089	226	1.3401	0.0683	4.32	7.49	6.88	0.0374	315	Uso valv 4". hid A-102. hidro 2 1/2". tub PN 10. v. secc 12"
TN-1	TN	552	234.84	0.16317	433	1.0151	0.0517	0	2.08	9.63	0.0325	500	Tub PN 12

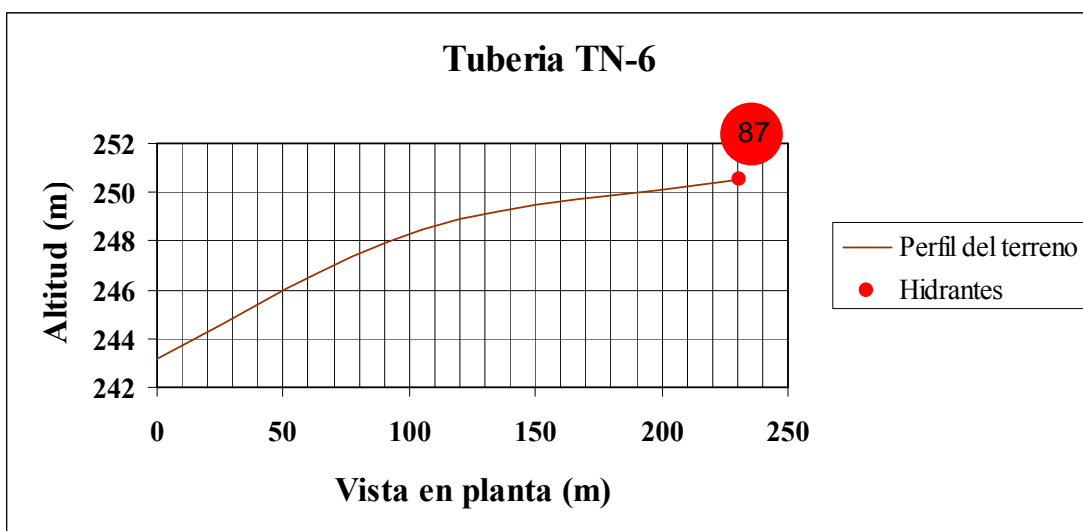
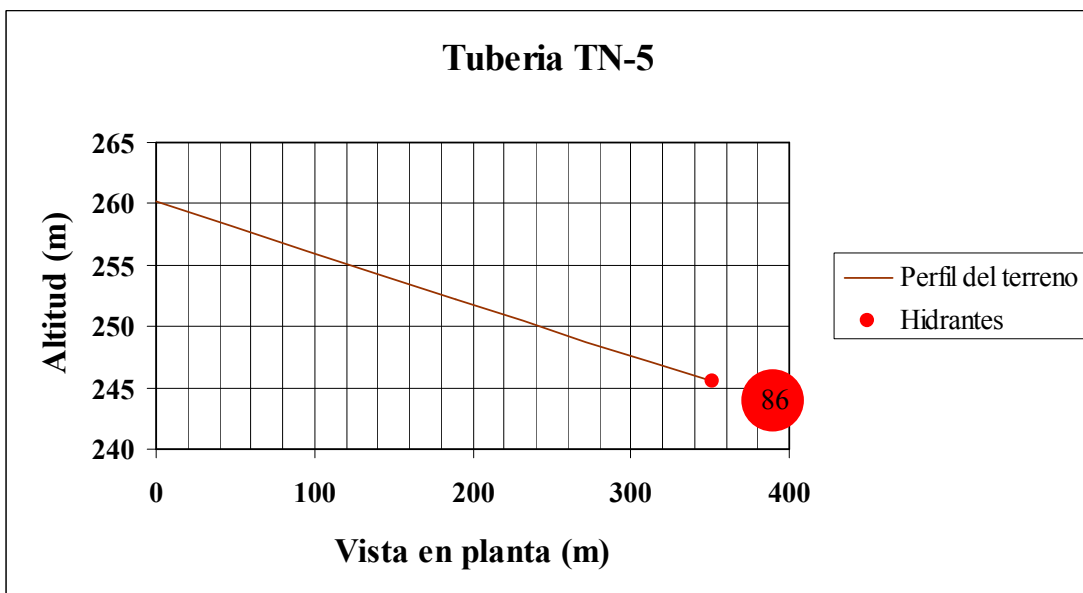
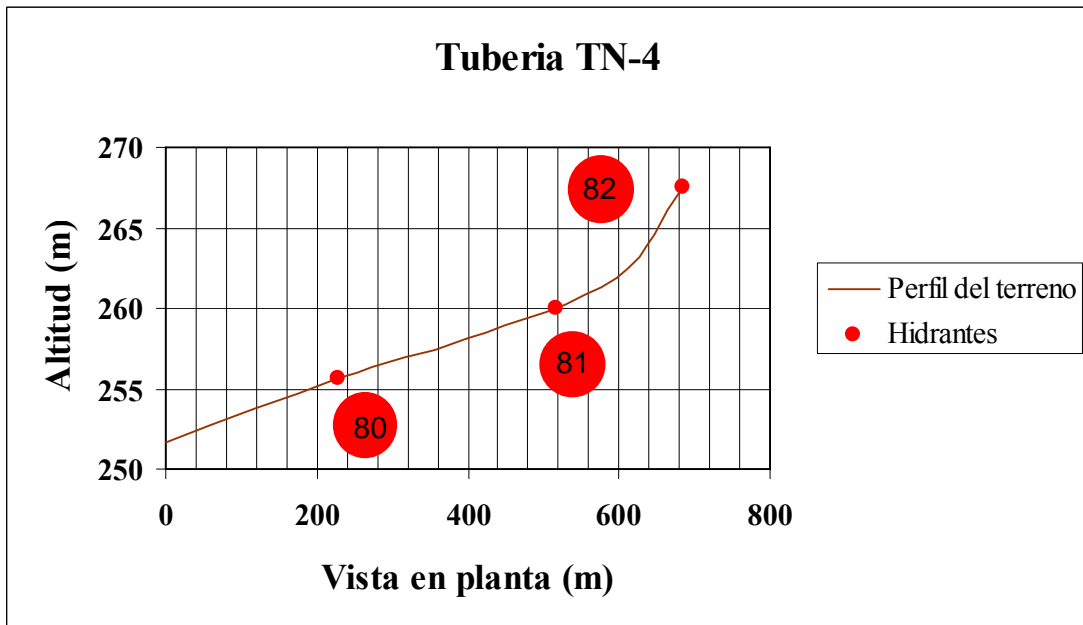
Cálculos hidráulicos

72	TN	747	241.85	0.17524	502	0.6596	0.0336	4.44	0.86	9.14	0.0302	630	Uso valv 4". hid F-82. hidro 4". tub PN 12. v. secc 20"
71	TN-2	210	255.9	0.00993	71	1.2756	0.065	3.85	9.75	2.2	0.0557	110	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 12. v. secc. 3"
70	TN	261	251.57	0.18736	473	0.7053	0.0359	0.65	0.34	8.7	0.0302	630	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro 4". tub PN 12
69	TN	753	259.36	0.18204	556	0.6852	0.0349	3.79	0.93	8.03	0.0302	630	Uso valv 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 10. v secc 20"









1450 n [min⁻¹]

capran

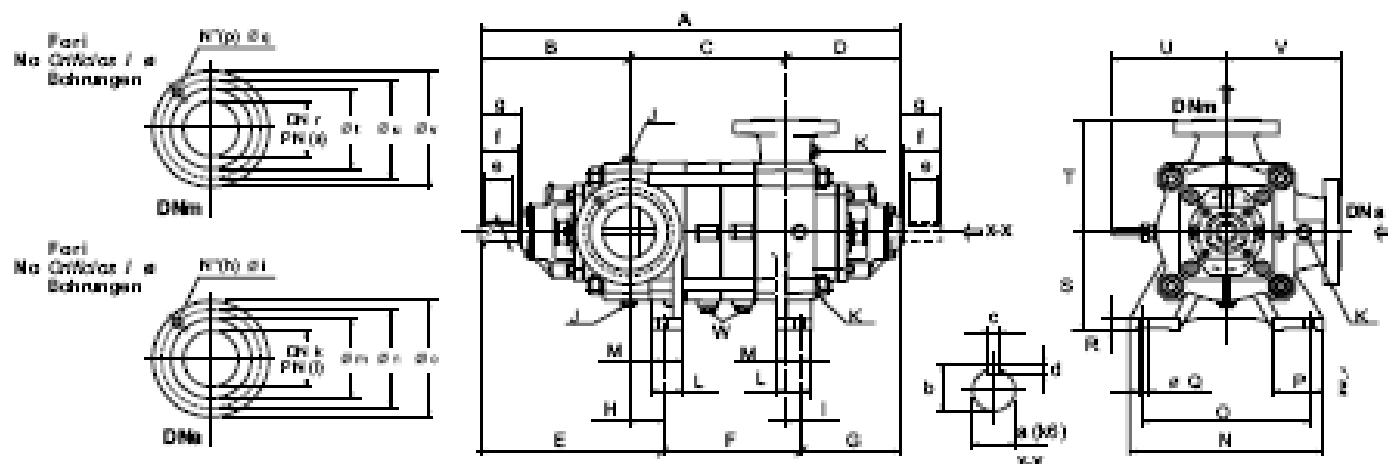
D/a x D/mm																										
		l/a	0	34	36	38	40	42	44	46	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
		m³/h	0	122,4	129,6	136,8	144	151,2	158,4	165,6	180	187,2	194,4	201,6	208,8	216	223,2	230,4	237,6	244,8	252	259,2	266,4	273,6	280,8	288
mm		l/min	0	2040	2160	2280	2400	2520	2640	2760	3000	3120	3240	3360	3480	3600	3720	3840	4080	4200	4320	4440	4560	4680	4800	
PMIL(S) 150/1																										
200 x 150	G	m MW	20,3	18,6 8,1	18,3 8,2	15,9 8,2	15,4 8,2	15 8,3	14,5 8,4	13,5 8,4	13 8,5	12,4 8,5	11,8 8,5	11,1 8,5	10,5 8,4	9,8 8,3	9,1 8,2									
	F	m MW	22,2	18,6 9,2	18,3 9,3	17,9 9,4	17,6 9,5	17,2 9,6	16,7 9,6	15,8 9,6	15,3 9,6	14,8 9,9	14,2 9,9	13,6 10	12,9 9,9	12,3 9,9	11,6 9,8	10,2 9,7								
	E	m MW	24,2		20,1 10,5	19,9 10,6	19,6 10,7	19,2 10,8	18,8 10,9	18 11,1	17,4 11,1	17,0 11,2	16,5 11,3	15,9 11,3	15,3 11,4	14,7 11,4	14,1 11,5	13,6 11,5	11,9 11,4	11,2 11,3						
	D	m MW	26,3			21,8 11,9	21,5 12	21,2 12,2	20,9 12,3	20,2 12,6	19,9 12,7	19,4 12,8	19 12,9	18,5 13,1	18 13,2	17,4 13,3	16,8 13,4	15,4 13,5	14,6 13,5	13,8 13,5	13 13,4					
	C	m MW	28,1				23,9 13,8	23,6 13,9	23,3 14,1	22,6 14,4	22,4 14,5	22 14,6	21,5 14,7	21,1 14,9	20,7 15	20,1 15,1	19,6 15,2	18,3 15,5	17,5 15,6	16,8 15,7	16 15,7	15,2 15,6	14,4 15,6			
	B	m MW	32					25,5 15,5	25,1 15,6	24,6 16	24,4 16,3	24,2 16,4	23,9 16,6	23,5 16,8	23,1 16,9	22,7 17,1	22,2 17,3	21,1 17,6	20,5 17,8	19,8 17,9	19,1 18,1	18,3 18,2	17,5 18,3	16,6 18,4		
	A	m MW	36,7							27,3 17,6	26,8 18,1	26,6 18,4	26,4 18,6	26,1 18,8	25,9 19	25,5 19,2	25,3 19,4	24,9 19,6	24 19,8	23,4 20	22,8 20,1	22 20,3	21,3 20,4	20,2 20,5	19,2 20,6	18,1 20,6
HPIB/m				1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	3	3,2	3,5	4	4,3	4,8	5,3	5,8	

caprarli

POMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRÍFUGAS MULTISTADIALES
HIGHT TURBOCHARGE PUMPS

PML 150

DIMENSIONI DI INGOMBRO E PESI
DIMENSIONES MÁXIMAS Y PESOS
ABMESSUNGEN UND GEWICHTE



Tipo Typo Typ	DNa	DNm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	S	T	U	V	Peso Peso Gewicht
																[kg]
			[mm]													
PML(S) 150.2	200	150	1190	470	360	351	610	270	301	140	50	315	370	358	370	652
PML(S) 150.3			1315		485			395								726
PML(S) 150.4			1440		510			520								800
PML(S) 150.5			1565		535			545								874
PML(S) 150.6			1690		560			570								948
PML(S) 150.7			1815		585			595								1022
PML(S) 150.8			1940		610			620								1096
PML(S) 150.9			2065		635			645								1170
PML(S) 150.10			2190		660			670								1244

Dimensioni del piedi - Dimensiones de los pies - Fußabmessungen							Sporgenza d'albero - Saliente del eje - Wellenüberstand						
L	M	N	O	P	Q	R	a	b	c	d	e	f	g
[mm]							[mm]						
125	45	680	590	170	24	40	55	59	16	10	120	130	145

Flange - Bridas - Flansche												
a Bocca - Boca a - a Öffnung			m	n	o	Peri-Orificio-Bohrungen		t	u	v	Peri-Orificio-Bohrungen	
						b	l				p	q
DNa PM(S)	DNm PM	DNm PMS	[mm]			No	a [mm]	[mm]			No	a [mm]
200 (UNI PN25)			278	310	360	12	25					
	150 (UNI PN40)							215	250	345	8	25
		150 (UNI PN64)						215	280	345	8	33

Tappi - Tapones - Stopfen		
J	K	W
G 3/4	G 1/2	G 1 A



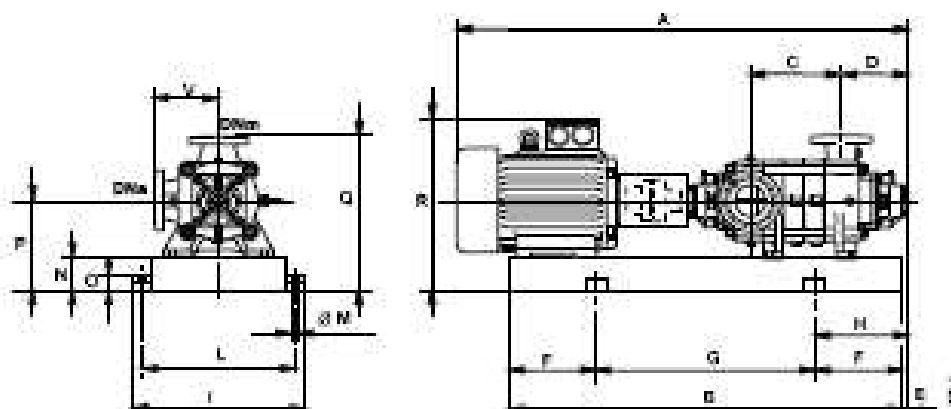
POMPE CENTRIFUGHE ELETTRICHE
BOMBAS CENTRÍFUGAS ELÉCTRICAS
HIGH TURBO PUMP

PML 150

4P / 50Hz

SELEZIONE - DIMENSIONI E PESI ELETTROPOMPE SU BASE
SELECCION - DIMENSIONES Y PESOS ELECTROBOMBAS SOBRE BASE
AUSLEBUNG - ABMESSUNGEN UND GEWICHTE DER ELEKTROPUMPEN AUF UNTERGESTELL

ACCOPPIAMENTI CON MOTORI E LETTRICI CHIUSI NORMALIZZATI
ACOPLEMENTOS CON MOTORES ELÉCTRICOS CERRADOS ESTANDARIZADOS
KUPPLUNG MIT GEKAPSELTEN ELEKTRISCHEN NORMMOTOREN



POMPA BOMBA PUMPE	MOTORE MOTORES	SGAM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	V	Peso Peso Gewicht
Tipo Tipo Typ	DNa x Dnm [mm]	[kW] Grandezza Value Wert	Tipo Tipo Typ	[mm]																[kg]
PML(S) 150/2	16.5	16.0M	025/TP	1799	1525	360	351	341	905	541	670	400	22	160	50	475	645	370	905	903
(2)	22	100L	025/TP	1824	1553				963										963	916
(2)	30	200L	055/GP	1903	1601				1001										615	921
(2)	37	225S	055/HR	1963	1628				1038										690	1000
(2)	45	22.5M	705/HR	2010	1653				1053										690	1047
(2)	50	200L	032/GP	2020	1726				1126										615	1039
PML(S) 150/3	37	225S	031/HR	2007	1753	405	351	341	1153	541	670	400	22	160	50	475	645	370	1006	1006
(3)	45	22.5M	030/HR	2135	1778				1178										690	1117
(3)	55	25.0M	037/HR	2206	1825				1225										802	1216
(3)	75	28.0S	700/HR	2244	1896				1266										858	1274
(3)	37	225S	034/HR	2212	1876				1276										690	1164
(3)	45	22.5M	033/HR	2290	1903				1303										690	1195
PML(S) 150/4	55	25.0M	039/HR	2333	1920	610	351	341	1300	541	670	400	22	160	50	475	645	370	1296	1296
(4)	75	28.0S	039/HR	2369	1991				1391										858	1412
(4)	90	28.0M	711/LR	2420	2042				1342										858	1482
(4)	45	22.5M	036/HR	2365	2020				1328										690	1273
(4)	55	25.0M	036/HR	2450	2075				1375										802	1375
(4)	75	28.0S	035/HR	2494	2116				1416										858	1490
PML(S) 150/5	90	28.0M	060/LR	2545	2167	735	351	341	1467	541	670	400	22	160	50	475	645	370	1551	1551
(5)	110	31.5S	714/LS	2696	2240				1540										940	1610
(5)	55	25.0M	038/HR	2503	2200				1500										802	1485
(5)	75	28.0S	037/HR	2619	2241				1541										858	1560
(5)	90	28.0M	063/LR	2670	2292				1592										940	1629
(5)	110	31.5S	062/LS	2695	2365				1695										940	1617
PML(S) 150/6	132	31.5M	717/MS	2811	2416	860	351	341	1616	541	670	400	22	160	50	475	645	370	1964	1964
(6)	75	28.0S	039/HR	2744	2366				1566										858	1646
(6)	90	28.0M	065/LR	2795	2417				1617										940	1706
(6)	110	31.5S	064/LS	2936	2490				1690										940	1695
(6)	132	31.5M	720/MS	2996	2541				1741										940	1944
(6)	160	31.5M	720/MS	3006	2541				1741										940	2120

4.2.8 DIMENSIONES Y PÉRDIDAS DE CARGA EN EL MATERIAL HIDRÁULICO

El HIDRANTE DE RIEGO URAMED es un conjunto de válvula integrada en un sólo cuerpo diseñado especialmente para el riego y el suministro y distribución del agua en instalaciones comunitarias. Está constituido por dos partes principales. El Hidrómetro Tipo H (Boquilla, Salida) y la Válvula Hidrante de Riego.

El Hidrómetro Tipo H está montado sobre la Válvula Hidrante de Riego.

El Hidrómetro Tipo H

Este hidrómetro tiene forma de codo de 120°. Como otros hidrómetros, el Tipo H está constituido por un medidor de turbina vertical, y una válvula de control accionada por diafragma. El modelo Tipo H se suministra en dos tamaños: 2½" y 4".

Válvulas Hidrantes de Riego

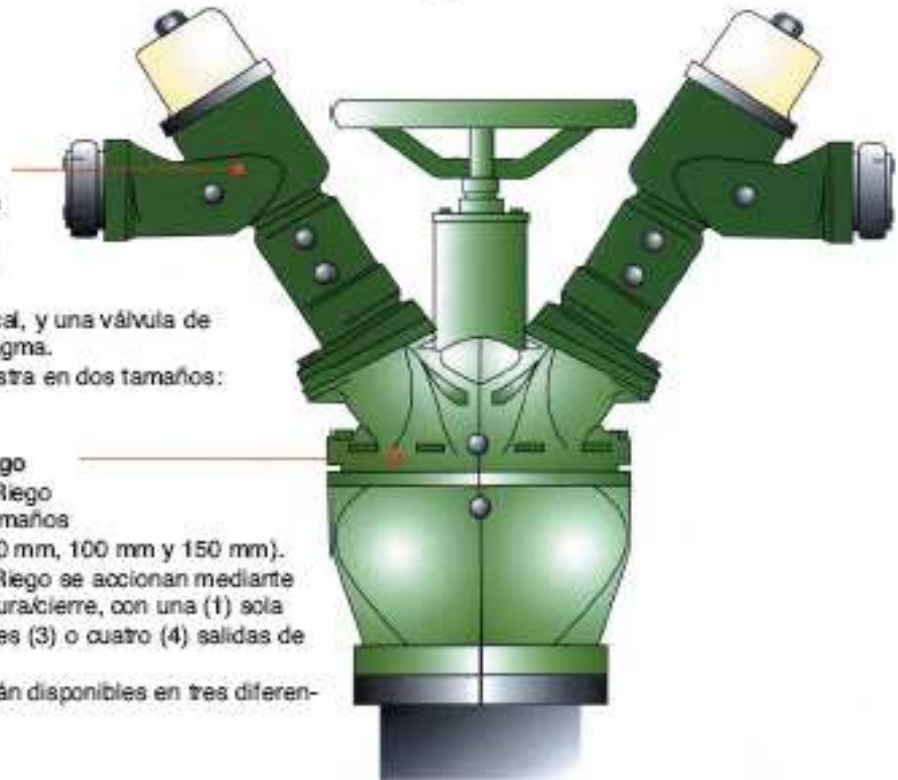
Las Válvulas Hidrantes de Riego están disponibles en tres tamaños de boquillas de entradas (80 mm, 100 mm y 150 mm). Las Válvulas Hidrantes de Riego se accionan mediante un volante manual de apertura/cierre, con una (1) sola brida de entrada, dos (2), tres (3) o cuatro (4) salidas de distribución.

Los Hidrantes de Riego están disponibles en tres diferentes Modelos:

- Tipo F-82
- Tipo A-102
- Tipo A-104

Aplicaciones

- Sistemas de distribución y abastecimiento de aguas a parcelas múltiples.
- Sistemas de control de agua en el sector agrícola.
- Eficiente control de riego en cabecera.



VÁLVULA HIDRANTE DE RIEGO

La válvula hidrante de riego está constituida por una válvula que tiene una brida de entrada y varios orificios de salida, que pueden ser, o bien bridas de forma triangular, o bridas de tipo estándar. La válvula está formada por una cubierta, un eje y un dispositivo de cierre manual. Los componentes de la válvula están ensamblados y posibilitan una variación progresiva del caudal durante el proceso de apertura o cierre de manera que no provoquen golpes de ariete en el sistema colectivo de distribución.

Tipo F-82:

Conexiones finales:

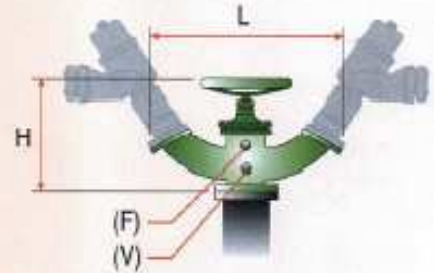
Entrada: 3" (80mm) cualquier estándar de bridas
(Opción: brida de 100mm)

Salidas: 2 1/2". Brida triangular.

Tipo opcional: F-81 con una única salida.

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

V - Orificio opcional para colocación de Ventosas.



Tipo A-102:

Conexiones finales:

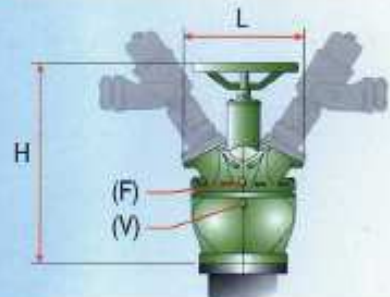
Entrada: 4" (100mm) cualquier brida estándar

Salidas: 4" (100mm), redonda, cualquier brida estándar.

Tipo opcional: A-152 con brida de entrada de 6" (150mm).

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

V - Orificio opcional para colocación de Ventosas



Tipo A-104:

Conexiones finales:

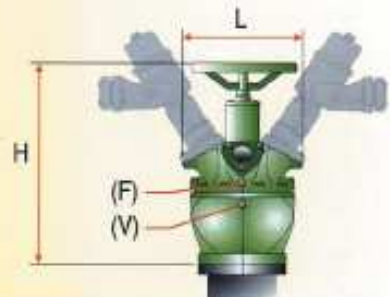
Entrada: 4" (100mm) bridas estándar.

Salidas: 2 1/2" en bridas con forma triangular.

Tipo Opcional: A-154 con brida de entrada de 6" (150mm).

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

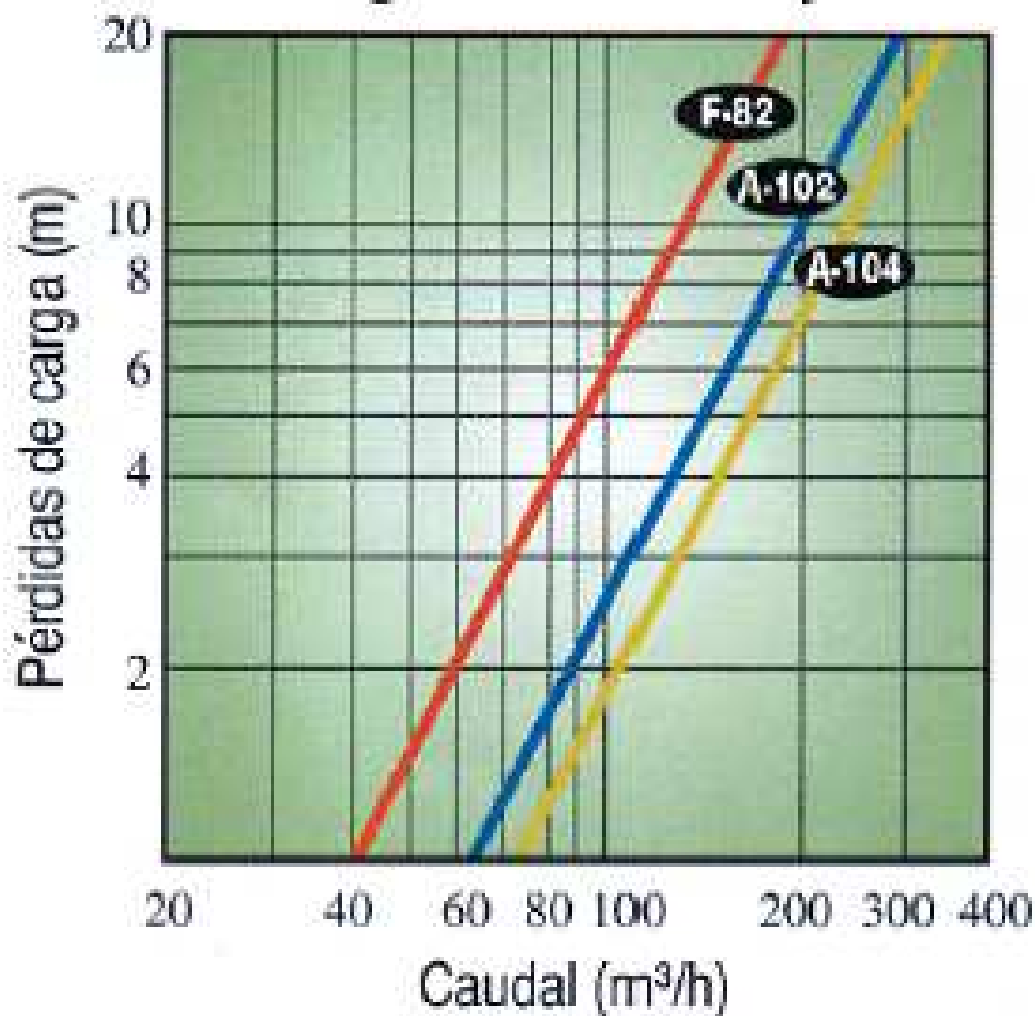
V - Orificio opcional para colocación de Ventosas



Dimensiones y pesos:

Tipo	F-82	A-102	A-104
L (mm)	490	520	360
H (mm)	360	680	640
Peso (kg)	27.0	65.0	51.1
Nº de salidas	1-2	1-2	1-4

* Existen otros tipos a disposición del cliente bajo pedido.

Diagrama de Flujo

HIDRÓMETRO TIPO H

El Hidrómetro Tipo H es un dispositivo en forma de codo de 120° formado por un medidor de turbina vertical tipo Woltmann, y una válvula de control accionado por diafragma. Este producto está especialmente diseñado para ser instalado sobre la Válvula Hidrante de Riego para funciones de riego a múltiples parcelas y aplicaciones de suministro y abastecimiento de agua.

El Hidrómetro Tipo H es único debido a la forma de su cuerpo, aunque similar a otros hidrómetros en cuanto a sus funciones de apertura/cierre, modulación, medición del agua, dosificación y opciones de emisión de pulsos eléctricos.

Este Hidrómetro con forma de codo de 120° está diseñado para permitir conexiarse horizontalmente a las tuberías cuando se instala sobre la Válvula Hidrante de Riego.

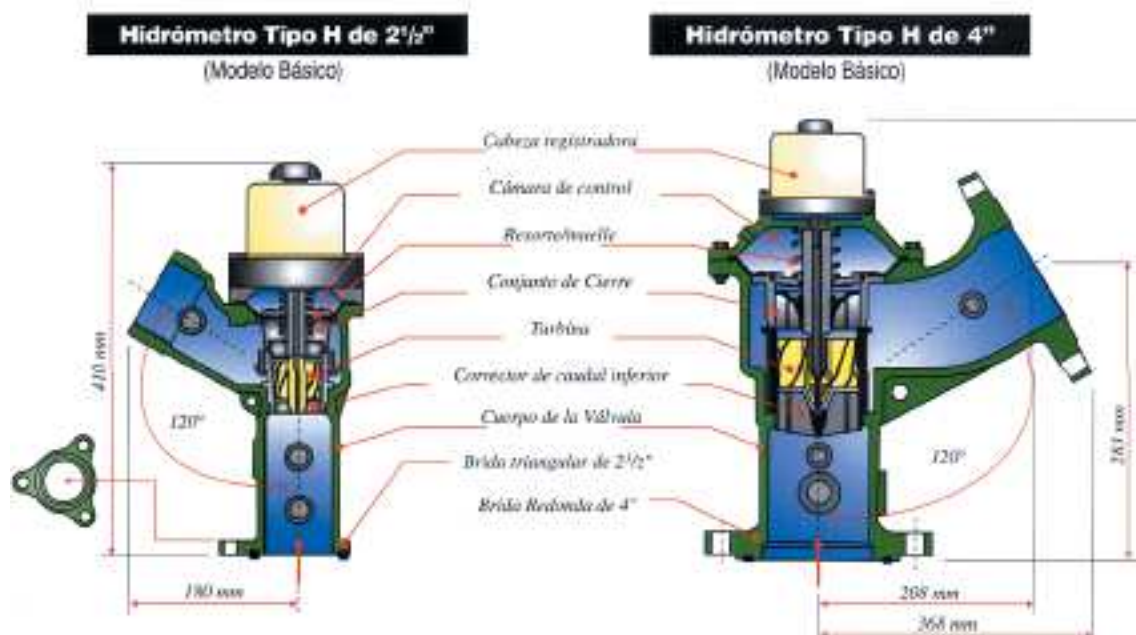
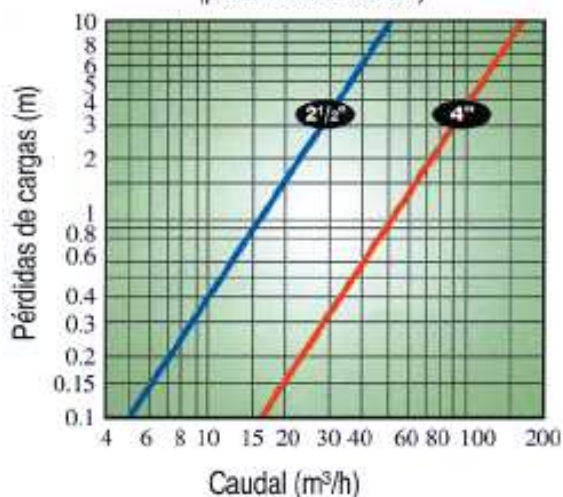


Diagrama de Flujo

(para válvula básica)



Conexiones Opcionales de 2 1/2 inch:

- Acople rápido y Tapón de 2 1/2 inch
- Rosca BSP de 2 1/2 inch
- 3" (80mm) cualquier brida estándar

Peso: 9.0 Kg.

Conexiones Finales Opcionales de 4 inch:

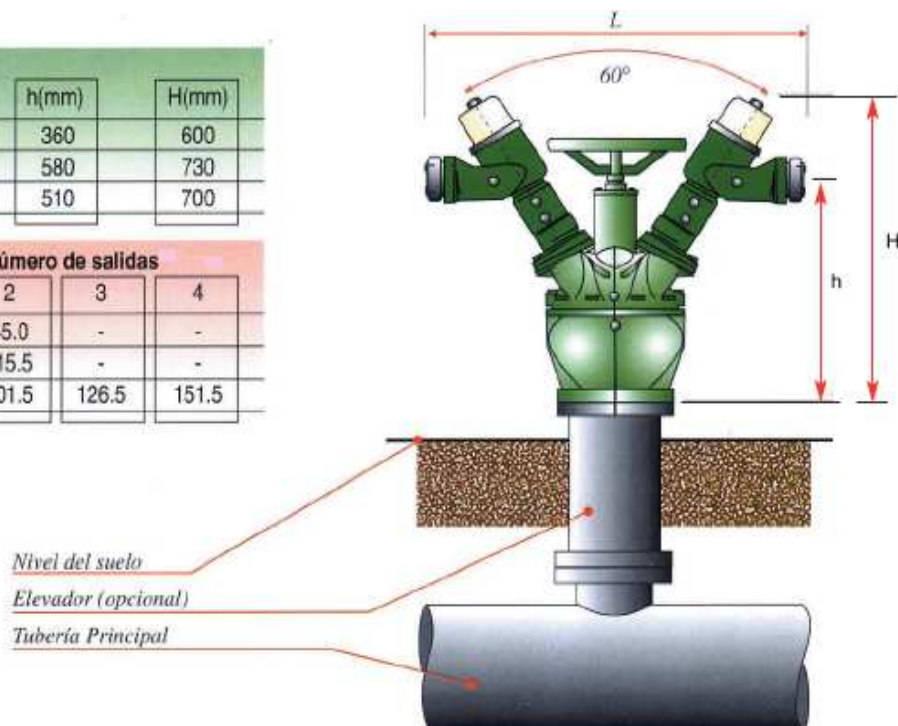
- Acople rápido y Tapón de 4 inch
- Rosca GB BSP F de 4 inch
- 4" (100mm) cualquier brida estándar

Peso: 25.0 Kg

Dimensiones

Tipo	L(mm)	h(mm)	H(mm)
F-82	1040	360	600
A-102	1100	580	730
A-104	970	510	700

Pesos (kg)	Número de salidas			
	1	2	3	4
F-82	36.0	45.0	-	-
A-102	90.5	115.5	-	-
A-104	76.5	101.5	126.5	151.5

**300 Series**

Automatic Hydraulic Control Valves

Medidas y Pesos

Valvula - D (Nominal)	50 (2")	65 (2 1/2")	80 (3")	100 (4")	150 (6")	200 (8")	250 (10")	300 (12")	350 (14")	400 (16")	450 (18")
L (mm)	230	292	310	350	480	600	730	850	980	1100	1200
H (mm)	235	294	400	433	558	650	823	944	990	1250	1250
h (mm)	18	18	28	28	40	60	80	100	100	145	145
DF(PN16) (mm)	165	185	200	220	285	345	410	460	520	580	620
DF(PN25) (mm)	165	185	200	240	305	360	425	485	555	620	670
P (Tomas)	1/2" NPT										
C (Tomas)	1/4" NPT				1/2" NPT		1/2" NPT				
W (mm)	170	170	200	235	330	415	525	610	610	850	850
Peso* (Kg)	12	13	22	37	80	157	245	405	510	822	945
Vol.de la camera (l)	0.1	0.1	0.3	0.7	1.5	4.3	9.7	18.6	18.6	50.0	50.0

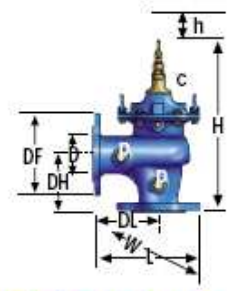
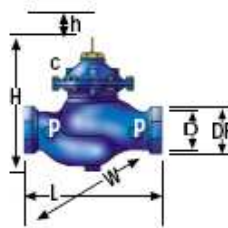
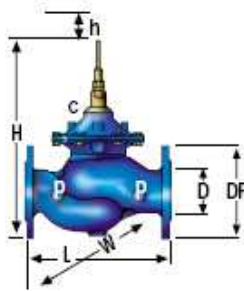
Valvula	Modelo Roscado (TH)				Modelo Angular (A)		
	40 (1 1/2")TH	50 (2")TH	50 (2")A/TH	50 (2")A	80 (3")A	100 (4")A	150 (6")A
D (Nominal)							
L (mm)	215	215	127	127	250	295	405
H (mm)	209	209	212	233	415	445	570
h (mm)	18	18	18	18	28	28	40
DL (mm)			125	122	150	173	240
DH (mm)			106	107	138	147	180
W (mm)	129	129	129	170	200	235	330
Peso* (Kg)	7	7	7	12	20	37	76

*Peso aproximado de envío (PN 25)

Conexiones

(Segun PN16 or PN25)

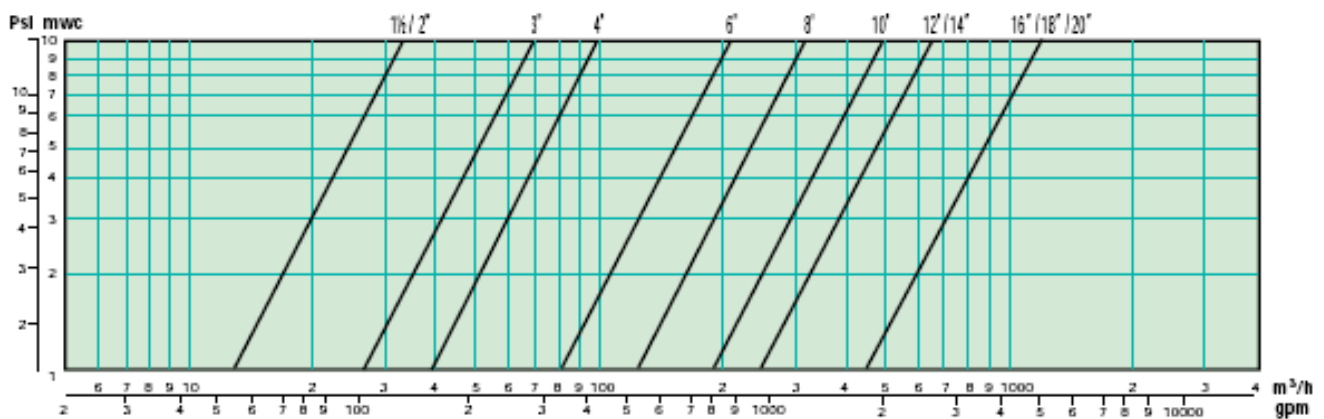
ISO 2084, 2441, 5752
ANSI B16, AS2129, JIS B22.
Otras norma sbajo pedido



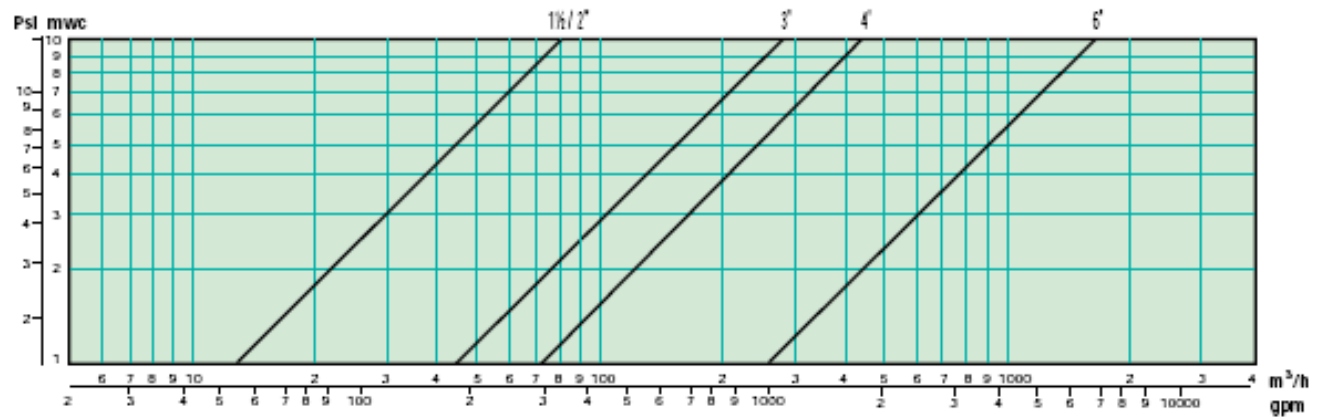
Selección de Tamaño

Valvula	40 (1½")	50 (2")	65 (2½")	80 (3")	100 (4")	150 (6")	200 (8")	250 (10")	300 (12")	350 (14")	400 (16")	450 (18")	
Caudal maximo recomendado para funcion continua(m³/h - V=5.5m/s)	25	40	40	90	160	350	480	970	1400	1900	2500	3150	
Caudal maximo recomendado para funcion continua (Gpm - V=18f/s)	110	180	180	400	700	1600	2800	4300	6200	8400	11000	13900	
Caudal minimo recomendado	<1 m³/h (<5 Gpm)												
Tipo directo													
Factor de caudal:	Kv (Metrico)	43	43	43	103	167	407	676	1160	1600	1600	3300	3300
	Cv (US)	50	50	50	120	195	475	790	1360	1900	1900	3860	3860
Factor de caudal K (Sin unidades)		2.2	5.2	7.7	4.7	5.6	4.8	5.5	4.5	5	9	3.8	5.9
Tipo angular								Para perdida de carga de una valvula com abierta, usar las siguientes formulas: $H(\text{Bar}) = \left(\frac{Q(\text{m}^3/\text{h})}{K_v} \right)^2$ $H(\text{Psi}) = \left(\frac{Q(\text{Gpm})}{C_v} \right)^2$ $H = K \frac{V^2}{2g}$					
Factor de caudal:	Kv (Metrico)	60	60		140	190	460						
	Cv (US)	70	70		164	222	537						
Factor de caudal: K (Sin unidades)		1.3	2.8		3.3	4.3	4.3						

Perdida de Carga- Valvulas de Globo S-300



Perdida de Carga- Valvulas de Globo S-300 Angular



4.3 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9

4.3.1 INTRODUCCIÓN

La presente parte del proyecto consiste en el suministro hídrico a los hidrantes que van desde el número 36 al número 43 situados o bien directamente en la tubería TI-9 o bien en alguna de sus derivaciones. Estos hidrantes no pueden ser alimentados ni mediante el bombeo de las electroválvulas en la Captación ni por gravedad proveniente de la Balsa de Regulación debido a su elevada cota, por lo que al final se ha decidido hacer una pequeña estación para solventar este problema.

Señalar que aunque el hidrante 36 viene representado en la gráfica del perfil de “Tubería TI-9-1”, debido a que la presión que se ha calculado que le podía llegar era muy escasa y vista la proximidad de la estación de bombeo TI-9 que se tenía que construir, al final se ha decidido que desde esta estación saldría una tubería para alimentar a dicho hidrante. Esta tubería está representada en la gráfica “Tubería bomba hidrante 36”.

Como ya se ha explicado y calculado en partes anteriores de todo este proyecto, el sistema de todo el conjunto de riego es un sistema basado en mantener una presión o unas condiciones relativamente constantes en las 2 tuberías principales de las redes, la tubería TI y la TN, para que siempre haya presión suficiente para regar. Es más si nos fijamos en las 2 tablas de resultados “Funcionamiento de la Red TI sin Bombeo” y “Funcionamiento de la Red TI con Bombeo” se observa como las presiones son muy similares en el punto donde esta la derivación con la tubería TI-9 (9.53 y 9.7 respectivamente). Esto significa que no repercute el origen del caudal para nada. Aún así se ha tomado como presión inicial la menor, 9.53 bares.

Decir que al final la Estación de Bombeo TI-9 se situa en la cota 238.72, a unos 3700 m del punto de inicio de la tubería TI-9, poco después de la derivación con TI-9-1. Aparece perfectamente indicada en la gráfica del perfil de la “Tubería TI-9”.

Esta Estación de Bombeo también dispone de una pequeña balsa para a partir de la cual se abastece la Estación. Esta pequeña balsa no tiene otra misión más que estancar el agua para que pierda su presión. Esto evita daños mecánicos a la entrada de la bomba. El llenado de esta balsa estará regulado por un sistema de control que detectará el funcionamiento de las bombas, pero en este proyecto no se va a tratar sobre este tema.

Los cálculos que se corresponden con esta parte del proyecto son:

- Cálculo y explicación de los diferentes caudales usados.
- Cálculo del diámetro de la Tubería TI-9, y por consiguiente demás características como presión, velocidad, pérdida de carga... .
- La localización de la Estación de Bombeo TI-9.
- Cálculo del tamaño de las bombas usadas en la misma.

4.3.2 DOTACIONES

Las dotaciones son un factor importantísimo en el diseño ya que nos aportan la información de cuanto caudal por unidad de superficie necesitamos para una determinada finca, en definitiva, para un determinado hidrante.

Seguidamente abajo se puede observar un cuadro con 3 columnas:

- **Nº de tomas:** que se refieren al número de hidrantes situados aguas abajo del hidrante sobre el que se está realizando el cálculo. Si este hidrante es el último, entonces en la columna buscaríamos el 0.
- **P.hidrantes:** que lo podemos explicar como la probabilidad de que los hidrantes situados aguas abajo o aguas arriba según interese saber estén en funcionamiento.
- **Dotaciones:** consiste en aplicar esas probabilidades sobre la dotación inicial de 1,5 (l/s)*ha. Decir que luego para calcular el caudal habría que multiplicar este factor

dotaciones que aparece en la columna "Dotaciones" por la suma de la superficie de todos los hidrantes aguas abajo.

Cálculo de las dotaciones l/(s*ha)		
Nº de tomas	P.hidrantes	Dotaciones
0→3	1	1.5
4→8	0.95	1.425
9→11	0.9	1.35
12→15	0.85	1.275
16→18	0.8	1.2
19→21	0.75	1.125
22→24	0.7	1.05
25→27	0.65	0.975
28→30	0.6	0.9
31→33	0.55	0.825
34→36	0.5	0.75
37→39	0.45	0.675
40→48	0.34	0.51
>=49	0.23	0.34
	Valor elegido	1.5
	Superficie (ha)	4.9986
	Q hidrante (m³/s)	0.00749
	Q anterior (m³/s)	0
	Q suma (m³/s)	0.00749

Se está haciendo énfasis sobre el concepto de la probabilidad para no sobredimensionar en exceso nuestra instalación lo que nos llevaría a unos costes innecesarios para una situación que muy difícilmente, por no decir nunca, se va a producir en la vida real.

También señalar que:

- **Valor elegido:** hace referencia al coeficiente denominado dotaciones que se usa para el cálculo. Señalar que cuando se calcula sobre un hidrante, el coeficiente para ese hidrante es 1,5 utilizándose la regla de la tabla para los hidrantes situados aguas abajo que son los que nos van a interesar para este caso.
- **Superficie:** valor en hectáreas de la superficie. Si se calcula justo en un hidrante será en un hidrante, si se calcula en una derivación con otra tubería será la suma de todas las superficies implicadas.
- **Q hidrante (m³/s):** es el resultado de la multiplicación del valor elegido por la superficie y representa el caudal.
- **Q hid anterior (m³/s):** como se puede intuir por su nombre, representa el caudal acumulado por los hidrantes anteriores. Aunque esto será explicado más adelante, cabe señalar que para esta Estación de Rebombear se han realizado 2 cálculos diferentes, el primero enfocado a saber donde había que situar esta Estación y el segundo a calcular el tamaño de las bombas. Aunque para ambos casos el sentido del flujo es el mismo y se aplica la regla de las dotaciones para los hidrantes situados aguas abajo. Si en Q hidrante ya se tiene el caudal que necesito, entonces en "Q anterior" se pondrá 0.
- **Q suma (m³/s):** es el caudal total que se calcula que circulará por la tubería.

En la siguiente tabla se muestran los datos usados de los hidrantes:

Hidrante	Cota (m)	Sup (Has.)	Q (l/s)	Hidrante	Cota (m)	Sup (Has.)	Q (l/s)
36	258.46	6.8225	10.233	40	267.16	7.1721	10.758
37	249.65	10.4167	15.625	41	241.5	11.6038	17.405
38	272.75	7.9204	11.88	42	275	5.2504	7.875
39	275.96	12.6901	19.035	43	205.48	6.4431	9.664

4.3.3 CÁLCULO DEL CAUDAL

Como ya se ha citado anteriormente, la Estación de Rebombeo TI-9 va a tener 2 salidas: una dirigida a alimentar los hidrantes que van del 37 al 43; y la otra hará el suministro hídrico al hidrante 36.

Siguiendo lo establecido en el apartado “Dotaciones”, según este procedimiento, los hidrantes del 37 al 43 necesitan un caudal de 0.08841 m³/s mientras que el hidrante 36, 0.01023 m³/s. Si lo sumamos el resultado es de 0.09864 m³/s. Estos resultados vienen reflejados en la tabla de resultados “Cálculo del tamaño de la bomba”. Precisamente, en la tabla de resultados “Cálculo del punto de la Estación de Rebombeo TI-9” se observa que el caudal final de cálculo es 0.09735 m³/s. Esta pequeña variación es debida precisamente a esta “regla de las dotaciones”, aunque la diferencia no es significativa. También señalar que al tener 8 hidrantes, si nos fijamos en la tabla de la página anterior “Cálculo de las dotaciones”, la probabilidad de que todos estos hidrantes funcionen a la vez y con todas las hectarias regando es de 0.95, una probabilidad altísima que prácticamente jamás se cumplirá. Por eso como ya se ha citado en alguna otra ocasión, se hubiese podido ser algo más estricto a la hora de aplicar la probabilidad.

4.3.4 ELECCIÓN DE LAS BOMBAS

ESTACIÓN DE REBOMBEO TI-9

Conviene Señalar que en esta estación de rebombeo se han usado 2 tipos de bombas diferentes: para el suministro hídrico de los hidrantes que van del 37 al 43 se han usado 2 bombas Caprari, modelo MEC-MR 100/3A; mientras que para la salida al hidrante 36 una bomba Caprari, modelo PM 80/8C.

Para entender la elección de la bomba conviene saber los cálculos realizados en una hoja Excel cuyos resultados están expuestos en la tabla “Cálculo del tamaño de la bomba”. Las hojas de características de ambas bombas vienen expuestas a partir de la pag 295. Vamos a explicar primero la elección de las bombas MEC-MR y seguidamente se explicará la PM 80.

Fijándonos en la hoja “Características de funcionamiento” para 1450 rpm se observa en el recuadro “MEC-MR 100/3” (es decir en este recuadro ya están los valores de altura y potencia absorbida contando ya con los 3 rodetes) que para un caudal de 45 l/s y tipo de rodete A (que es el estándar de fábrica), la altura manométrica es de 115 mca y la potencia absorbida de 70.5 kW. Nos hemos ido a ese caudal porque:

$$0.08841 \text{ (m}^3\text{/s)} / 2 = 0.044201 \text{ m}^3\text{/s} = 44.2 \text{ l/s} \rightarrow 45 \text{ l/s}$$

En cuanto a la altura, la altura mínima necesaria era de 7.71 bares, es decir, 78.62 mca. Se deja un cierto margen por si en el futuro pudiese haber alguna posible ampliación.

Para la bomba PM 80, se sabe que el caudal necesario es de 0.01023 m³/s, y la presión en bares necesaria es de 5.44, lo que equivale a 55.47 mca. Con todas estas necesidades nos fijamos en la hoja de características correspondiente a 1450 rpm, en el recuadro en el cual pone características por fase, en el caudal 10.5 l/s, tipo de rodete C. La altura por rodete será de 9.4 m, entonces si se deciden colocar 8:

$$9.4 \times 8 = 75.2 \text{ mca} > 55.47 \text{ mca}$$

Siempre es mejor dejar algo de margen. También se observa que el rendimiento de la bomba es de 71%.

Según el fabricante, la comprobación de que esta configuración es correcta sería la siguiente:

- N: Es la potencia absorbida
- n: son las r.p.m.

El catálogo dice que $N/n \text{ max} = 0.06$. Se tiene que:

$$N = 1.37 \times 8 = 10.96 \qquad n = 1450$$

Lo que significa que:

$$N/n = 10.96/1450 = 7.55 \times 10^{-3} < 0.06 \rightarrow \text{Es correcta}$$

La nomenclatura correcta a la hora de solicitar esta bomba a la empresa sería PM 80/8 C. Aunque estrictamente podría elegir un motor de 11 kW, viendo que la potencia absorbida ya es de 10.96, mejor elegirlo de 15 kW.

4.3.5 FÓRMULAS A EMPLEAR

En este apartado lo que se va a realizar va a ser una explicación general de las fórmulas empleadas y del proceso de cálculo llevado a cabo para calcular los parámetros hidráulicos en toda la tubería TI-9.

Primero resaltar que se han realizado 2 cálculos:

- El primero en el que se calcula la localización de la Estación de Rebombeo TI-9. Se puede hacer una estimación de la presión que puede haber en el punto donde comienza la tubería TI-9 ya que en la parte del proyecto correspondiente a la Estación de Rebombeo General se ha calculado la presión a lo largo de toda la tubería TI, eso si bajo unas determinadas condiciones de demanda. Al final se ha considerado la presión en el punto de la derivación de 9.57 bares. Señalar que básicamente lo que se ha realizado en este apartado ha sido aplicar la ecuación de Bernoulli. Cabe señalar que la tubería TI-9 es una tubería de casi 8000 m, con un fuerte desnivel ascendente en su primer tramo. Para superar este desnivel se ha tenido que agrandar el diámetro de la tubería más de lo que hubiese sido normal por el caudal circulante, pero esto nos ha permitido colocar la estación de rebombeo a casi 400 m de distancia. Estos resultados vienen expresados en la tabla "Cálculo de la localización de la Estación de Rebombeo TI-9" en la pag 303.
- El segundo donde ya se calcula las características hidráulicas que tienen que tener las bombas. La peculiaridad de este cálculo es que aquí empieza a calcular a tramos por el hidrante más desfavorable, es decir, el que está más alto que corresponde al hidrante 39. Así nos aseguramos que con los demás no va a haber problemas. Estos resultados están en la tabla "Cálculo del tamaño de la bomba" también en la pag 293.

Como ya se ha citado anteriormente, el sistema de cálculo consiste en ir calculando tramo a tramo los parámetros hidráulicos usando como caudal el resultado de ir aplicando la regla de dotaciones explicada en el apartado "Dotaciones" en la pag 283. También señalar que esto nos asegura unas condiciones de caudal claramente desfavorables, con lo que es muy probable que en la mayoría de momentos las pérdidas de carga sean menores.

Los datos de los que se dispone son las necesidades hídricas, es decir, los caudales; el

trazado de todas las tuberías con sus perfiles geográficos (se encuentran a partir de la pag 295), pero sin conocer el diámetro de las mismas; además de datos proporcionados por los fabricantes como:

- La rugosidad absoluta (ϵ) en mm que para el PVC es 0.002776 y para el PRFC es 0.029.
- Las pérdidas de carga producidas en el hidrante, en el regulador de presión y limitador de caudal, en el contador y las debidas a las válvulas de seccionamiento de principio de línea. A partir de la pag 308 se muestran los diagramas de pérdida de carga en función del caudal.

El criterio llevado a cabo para la elección de los materiales en tuberías es:

Diámetro (\varnothing)	Presión nominal	Material
<630 mm	≤ 10 bar	PVC
<630 mm	>10 bar	PRFC
700< \varnothing <800 mm	-	PRFV

Aunque al principio las presiones se acercan a 10 bares, se ha decidido instalar PVC porque así había menores pérdidas.

También decir que se han considerado los tramos como una trayectoria recta, es decir, no se han tenido en cuenta las pérdidas asociadas a los cambios de dirección, aunque ya el diseño del trazado ha sido diseñado para intentar evitar dentro de lo posible los codos.

Para calcular las pérdidas de carga que se producen en las tuberías se ha usado la ECUACIÓN DE BERNOULLI:

$$h_1 + (P_1/\gamma_1) + [(V_1^2)/(2 \times g)] = h_2 + (P_2/\gamma_2) + [(V_2^2)/(2 \times g)] + \Delta h$$

Donde:

h_1, h_2 Término energético que hace referencia a las alturas geográficas en los puntos 1 y 2 respectivamente. Se expresa en m.

$(P_1/\gamma_1), (P_2/\gamma_2)$ Término energético que hace referencia a la presión en los puntos 1 y 2 respectivamente. En sistemas de conducción de fluidos, en este caso el agua, es habitual como unidad el metro de columna de agua (mca) donde la equivalencia con otras unidades de presión es:

$$P_{atm} = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar} = 1.033 \text{ Kg/cm}^2 = 10.33 \text{ mca}$$

$(V_1^2)/(2 \times g), (V_2^2)/(2 \times g)$ Término correspondiente a la energía cinética que lleva el fluido. V en m/s y g en m/s².

Δh Pérdida de energía total en el sistema (mca).

Precisamente si se descomponen estas Δh se tiene:

$$\Delta h = \Delta h_{hid} + \Delta h_{rl} + \Delta h_{con} + \Delta h_{valv} + IL$$

Siendo:

Δh_{hid} Pérdida de carga o de energía en el hidrante, en mca.

Δh_{rl} P.c. debida al regulador de presión y al limitador de caudal, en mca.

Δh_{con} P.c. debidas al contador, en mca.

Δh_{valv} P.c. debida a la válvula de seccionamiento y/o a la de retención, en mca.

I Es la p.c. por unidad de longitud en la tubería, en mca/m.

L Longitud en m de la tubería.

Para calcular la I se hace uso de la ECUACIÓN DE DARCY

$$I = (f \times V^2) / (D \times 2 \times g)$$

En donde:

f Coeficiente de fricción.

V Velocidad media en la tubería en m/s.

D Diámetro de la tubería en mm.

g Aceleración de la gravedad en m/s². Se considera 9.8 m/s².

Por tanto, para calcular las pérdidas de carga totales habrá que multiplicarlo por la longitud (L) en m de la tubería, quedándonos en total IL , término que también se denomina h_f .

El coeficiente de fricción " f " es función del número de Reynolds R y de la rugosidad relativa ϵ/D , y se puede calcular o bien gráficamente mediante el diagrama de Moody o bien analíticamente con la FÓRMULA DE COLEBROOK:

$$(1/\sqrt{f}) = -2 \log_{10}\{[(\epsilon/D)/3,7] + [2,51/(R\sqrt{f})]\}$$

Lo que hay que ver de esta fórmula de Colebrook es que:

$$R = (V \times D) / \nu \text{ y que la rugosidad relativa } = \epsilon/D$$

Con la novedad de que:

R Número de Reynolds.

ν Viscosidad cinemática del agua, cuyo valor considerado es $\nu(17^\circ\text{C}) = 1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

ϵ rugosidad absoluta, en mm.

Tenemos que observar que tenemos que introducir el dato del caudal, que es un dato conocido, en la ecuación de Darcy. Para ello, vamos a tener que hacer el siguiente cambio:

$$Q = V \times A = V \times (\pi R^2) = V \times (\pi (D/2)^2) \rightarrow V = Q / (\pi (D/2)^2) = (4Q) / (\pi D^2)$$

Destacar que en la ecuación de Bernoulli, para este caso en concreto, el término de energía cinética se puede suprimir ya que a lo largo de un tramo de tubería, la velocidad del fluido tanto al principio como al final, al ser el diámetro de la tubería constante, se va a mantener igual. Ciertamente es que en las tablas de resultados hay una columna referida al término cinético, pero precisamente se ha calculado para ver como su valor resulta despreciable comparado tanto con el término de altura como el de presión.

El cálculo hidráulico que se ha realizado consiste básicamente en 2 partes:

- Cálculo del diámetro conocidos Δh y Q , que se denomina comúnmente parte de DISEÑO.
- Cálculo de Δh conocidos Q y D , supuesto que ϵ y L son datos, denominado ANÁLISIS DE PRESIONES.

4.3.5.1 Localización de la Estación de Rebombeo TI-9

Este caso corresponde al sentido de circulación del fluido desde el punto de enlace con la tubería TI hacia el hidrante 43. Por tanto, por verlo en un ejemplo, el subíndice "1" (punto inicial) correspondería con el punto de derivación TI-9 mientras que el subíndice "2" (punto final) correspondería con el hidrante 30. En el siguiente tramo el hidrante 30 pasa a ser el punto inicial y el punto 1290 (un punto alto, por eso se ha marcado) punto final y así sucesivamente. A su vez, para saber el caudal, en cada uno de estos tramos se aplica lo explicado en el apartado "Dotaciones" en la pag 283.

Por tanto los datos conocidos iniciales son:

- $h_{\text{Derivación TI-9}} = h_1 = 189.26 \text{ m.}$
- $P_1/Y_1 = 9.57 \text{ bares.}$
- Alturas gravitatorias de hidrantes y derivaciones en la tubería TI-9.
- Q en cada tramo e hidrante.
- $\Delta h_{\text{hid}}, \Delta h_{\text{rl}}, \Delta h_{\text{con}}$ y Δh_{valv} ya que se conoce Q .
- $v(17^\circ\text{C}) = 1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s.}$
- ϵ donde la elección entre PVC o PRFC dependerá del término de presión P/Y . Para presiones de hasta 10 bar se puede usar PVC, para presiones superiores mucho mejor usar PRFC.

Una vez sabido esto se realiza la parte de DISEÑO.

Para empezar conviene recordar que en la página anterior se ha despejado la velocidad. Entonces lo sustituiríamos en la ecuación de Darcy ya que el dato de la velocidad V no lo conocemos. Pensando en la forma de la expresión de la fórmula de Colebrook y en que lo que nos interesa es calcular el diámetro despejaríamos en la fórmula de Darcy lo siguiente:

$$(1/\sqrt{f}) = \sqrt{[(8L) / (\pi^2 \times g \times h_f)] \times [Q/D^{2.5}]} = K \times D^{-2.5}$$

y sustituyendo en la fórmula de Colebrook:

$$K \times D^{-2.5} = -2 \log_{10} \left\{ \left[\frac{\epsilon}{(3.7D)} \right] + \left[\frac{(2.51 K \pi v)}{(4 Q D^{1.5})} \right] \right\} \rightarrow$$

$$D = \left[\frac{-(2/K) \log_{10} \left\{ \left[\frac{\epsilon}{(3.7D)} \right] + \left[\frac{(2.51 K \pi v)}{(4 Q D^{1.5})} \right] \right\}}{0.4} \right]^{-0.4}$$

nos proporciona una expresión del tipo $D = G(D)$ mediante la cual podemos realizar un cálculo iterativo de punto fijo. Si se despeja de la ecuación de la pérdida de carga (ecuación de Darcy multiplicado por la longitud) el diámetro D queda:

$$D = [(8 \times f \times L \times Q^2) / (g \times h_f \times \pi^2)]^{0.2}$$

Para iniciar el cálculo se considera un primer valor del factor de fricción f' y se sustituye en la ecuación anterior quedando:

$$D' = [(8 \times f' \times L \times Q^2) / (g \times h_f \times \pi^2)]^{0.2}$$

Con el diámetro D' obtenido, sustituimos en la ecuación anterior de Colebrook, obteniendo un segundo valor como $D'' = G(D')$, y así continuaría hasta que la diferencia entre dos diámetros sucesivos calculados sea despreciable (límite de convergencia del proceso).

Todo este proceso se realiza a través de una hoja Excel. Por tanto tan solo puede haber una incógnita para que el programa realice los cálculos. Lo que significa que el término de presión en el punto final (h_2/Y_2) hay que suponerlo inicialmente, al igual que como se ha dicho anteriormente la f . Esto tampoco supone un problema ya que en lo que hay que se intenta conseguir en un correcto diseño de riego es que las pérdidas en la tubería sean lo menor posible.

Cabe señalar que el diámetro final obtenido D corresponde a un diámetro interior. Evidentemente D no se ajusta generalmente a los tamaños estándar del mercado. Estos tamaños de mercado son:

Tubería PVC presión serie lisa PN 6		
D. nominal	Espesor	D. interior
63	1.5	60
75	1.8	71.4
90	2.2	85.6
110	2.7	104.6
125	3.1	118.8
140	3.4	133.2
160	3.9	152.2
180	4.4	171.2
200	4.9	190.2
250	6.1	237.8
315	7.7	299.6
400	9.8	380.4

Tubería PVC presión serie PN 8		
D. nominal	Espesor	D. interior
63	2	59
75	2.3	70.4
90	2.8	84.4
110	3.4	103.2
125	3.9	117.2
140	4.3	131.4
160	5	150
180	5.5	169
200	6.2	187.6
250	7.8	234.4
315	9.8	295.4
400	12.4	375.2

Tubería PVC presión serie lisa PN 10		
D. nominal	Espesor	D. interior
90	4.3	81.4
110	4.5	101
125	4.8	115.4
140	5.4	129.2
160	6.2	147.6
180	6.9	166.2
200	7.7	184.6
250	9.6	230.8
315	12.1	290.8
400	15.4	369.2
500	20.3	459.4
630	24.2	581.6

Tubería PVC presión serie PN 12		
D. nominal	Espesor	D. interior
110	5.2	99.6
125	6	113
140	6.7	126.6
160	7.6	144.8
200	9.5	181
225	10.7	203.6
250	11.9	226.2
315	15	285
355	16.6	321.8
400	19	362
500	23.8	452.4
630	29	572

El hecho de que el diámetro final que se vaya a instalar no coincida con el diámetro calculado en lo que repercute es un pequeño error en el cálculo de la presión en el punto final. Este error se puede solventar realizando un ANÁLISIS DE PRESIONES.

El único problema se limita al cálculo del factor de fricción $f = f(\epsilon_r, Re)$, que puede realizarse bien mediante el diagrama de Moody o bien como se ha realizado aquí con la fórmula de Colebrook (suponiendo como así es que el régimen es turbulento).

Despejando de la fórmula de Colebrook obtenemos:

$$f = G(f) = 0.25 / \{ \log_{10}[(\epsilon r / 3.7) + 2.51 / (R \times \sqrt{f})] \}^2$$

Para obtener f mediante un proceso iterativo comenzaremos con un valor f' que sustituido en $G(f)$ nos dará como resultado $f'' = G(f')$. Luego para obtener $f''' = G(f'')$ y así sucesivamente hasta que el valor en ambos términos de la igualdad se considere lo suficientemente aproximado como para darlo válido.

Con esta fresultante calculamos la nueva pérdida de carga IL' :

$$IL' = (8 \times f' \times L \times Q^2) / (\pi^2 \times g \times D^5)$$

Para calcular de nuevo las nuevas pérdidas totales, $\Delta h'$, habrá que sumar la pérdida de carga en los instrumentos. Por tanto nos quedaría:

$$\Delta h' = IL' + \Delta h_{hid} + \Delta h_{rl} + \Delta h_{con} + \Delta h_{valv}$$

Con lo que resulta que despejando el término P_2/Y_2 de la ecuación de Bernoulli obtendremos la presión en el punto desconocido, eso si en mca. Una vez conocido el diámetro D de la tubería se puede saber la velocidad del fluido:

$$V_{agua} = (4Q) / (\pi D^2)$$

El término de la energía cinética quedaría:

$$V^2 / (2 \times g)$$

Señalar que se ha dejado una presión de 2.11 bares para garantizarnos así que siempre va a llegar agua a esta estación de bombeo sean cuales sean las condiciones de demanda en la red.

En la pag 293 está la tabla de resultados "Cálculo de la localización de la Estación de Bombeo TI-9" donde para aclarar decir que:

- P_{inic} tramo → Punto inicial del tramo.
- Tub → Tubería.
- D_{res} (mm) → Diámetro resultante tras la parte de DISEÑO, en mm.
- $E. cin$ (mca) → Energía cinética del agua, en mca.
- $P.C ins$ (mca) → Pérdida de carga en los instrumentos (hidrante, hidrómetro, contador, válvulas) en mca.
- $P.C.tub$ (mca) → Pérdida de carga en tubería, en mca.
- $P. inic$ (bar) → Corresponde con la presión en el punto inicial.
- f → Coeficiente de fricción.
- D (mm) → Diámetro comercial en mm.
- Obsevaciones → Decir que esta puesta la presión nominal (PN) de la tubería y si el tramo coincide al final con un hidrante, se pone el diámetro en pulgadas de válvula e

hidrómetro y el tipo de hidrante. Sus gráficas de las pérdidas de carga se encuentran a partir de la pag 308.

4.3.5.2 Características hidráulicas de las bombas

Como ya se ha ciado anteriormente, el proceso empieza en el hidrante más elevado, el TI-9. El subíndice “2” (punto final) corresponde con este hidrante, mientras que el subíndice “1” (punto inicial) correspondería con el hidrante 38. Con esto lo que se consigue es calcular el término P_1/Y_1 . Señalar que al principio las pérdidas de carga en la tubería (Δh) es desconocido, por lo que inicialmente hay que suponer tanto P_1/Y_1 como la f . En el siguiente tramo, el hidrante 38 pasa a ser el punto final, mientras que el punto de dervación TI-9-2 el punto final, y así sucesivamente aguas arriba hasta el punto en el cual situamos la estación. Para los demás hidrantes situados aguas abajo lo único que hay que ver es si nos interesa calcular el punto inicial o el final.

Por lo demás, la iteración para calcular el diámetro es exactamente la misma.

Luego, al igual que antes, habría que realizar un ANÁLISIS DE PRESIONES. La iteración para calcular el coeficiente de fricción es exactamente la misma. Luego ya despejariamos el término P_1/Y_1 y esta ya sería la presión a tomar en el siguiente tramo.

En la página siguiente está la tabla de resultados “Cálculo del tamaño de la bomba”.

Tan solo decir que “Punto ref” significa que es el punto conocido que se ha tomado como referencia y “P ref (bar)” su presión.

4.3.6 TABLAS DE RESULTADOS Y GRÁFICOS DE TUBERÍAS

Cálculos hidráulicos

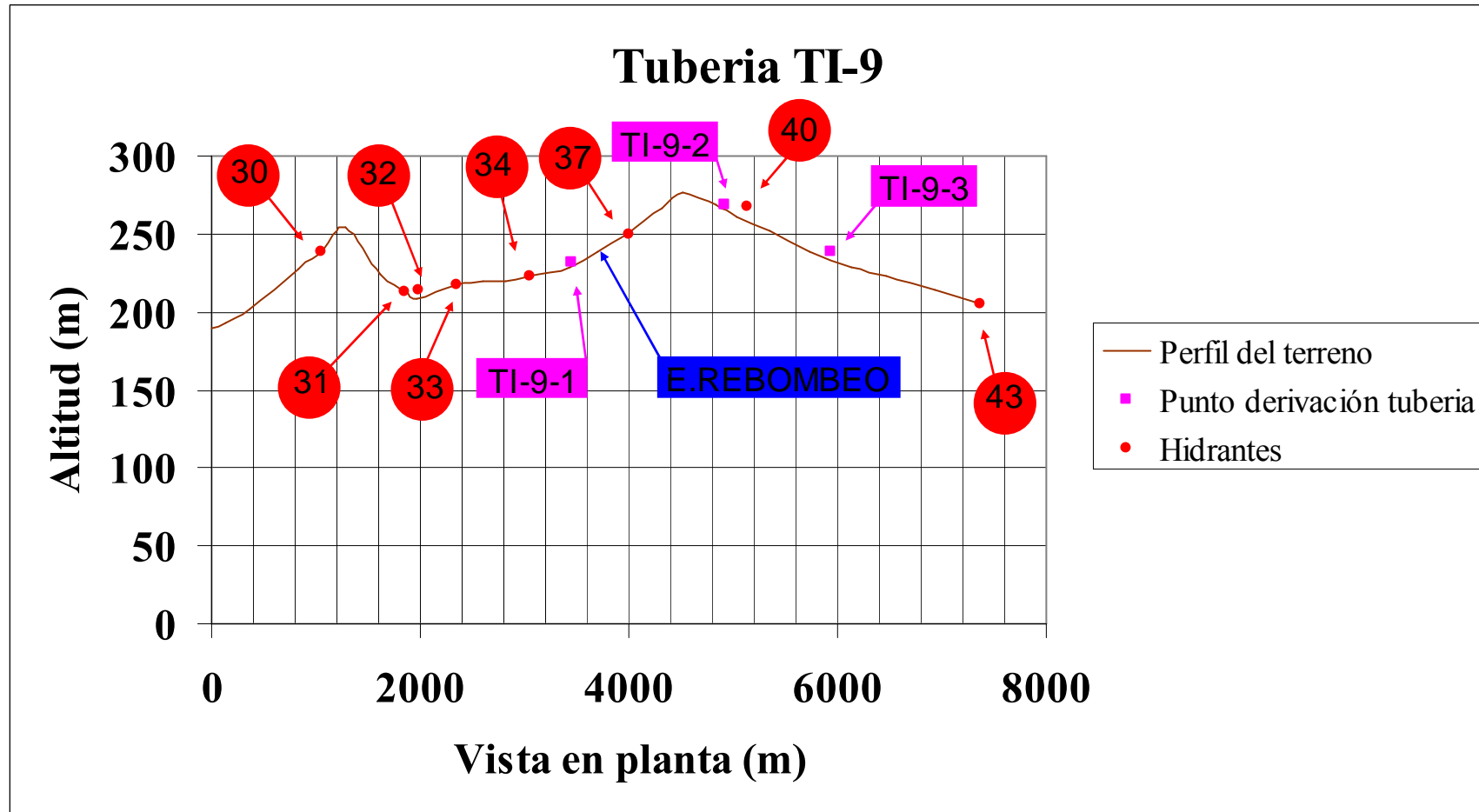
TABLA DE RESULTADOS													
Cálculo de la localización de la Estación de Rebombeo TI-9													
P inic tramo	Tub	L (m)	Cota (m)	Q (m³/s)	D res (mm)	V (m/s)	E. cin (mca)	P.C.ins (mca)	P.C.tub (mca)	P.inic (bar)	f	D (mm)	Observaciones
TI	TI-9	1069	189.26	0.15368	554	0.598	0.0305	3.28	1.03	9.57	0.0304	630	Uso valv 4", hid F-82, hidro 2 1/2", v secc 24", tub PN 12
30	TI-9	222	238.5	0.14569	352	0.8208	0.0419	0	0.51	4.31	0.032	500	Tub PN 6
P 1290	TI-9	560	254.42	0.14765	433	0.8823	0.045	2.67	1.56	2.67	0.0324	500	Uso de valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 10
31	TI-9	126	212.57	0.14379	330	1.3005	0.0663	2.55	0.99	6.37	0.0344	400	Uso de valv de 4", hid F-82, hidro de 4", tub PN 8
32	TI-9	369	213.86	0.13253	359	1.1987	0.0612	1.61	2.48	5.89	0.0345	400	Uso de valv de 6", hid A-102, hidro de 4", tub PN 8
33	TI-9	699	217.19	0.11521	372	1.042	0.0532	1.28	3.56	5.16	0.0345	400	Uso de valv de 6", hid A-102, hidro de 4", tub PN 8
34	TI-9	396	223.03	0.09984	361	0.8785	0.0448	0	1.41	4.11	0.0344	400	Tub PN 6
TI-9-1	TI-9	267	231.47	0.09735	366	0.8566	0.044	2.25	0.9	3.14	0.0344	400	Valv de secc. de 14", tub PN 6
Estación de bombeo		Caudal necesario (m³/s)			Presión de llenado balsa (bar)				Cota (m)				
Punto 3705		0.09735			2.11				238.72				

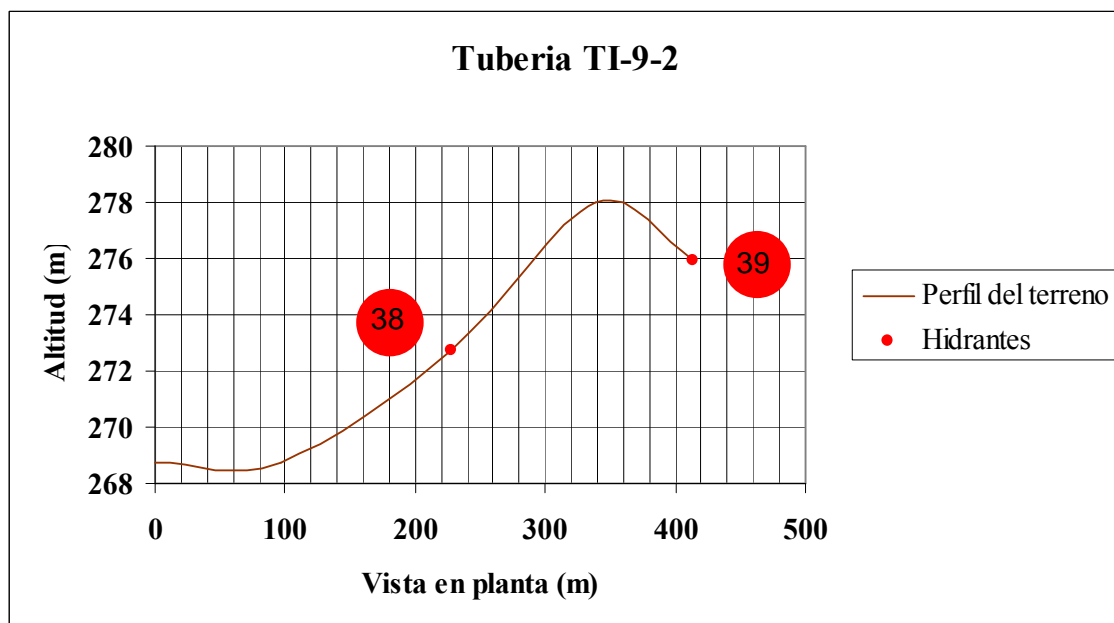
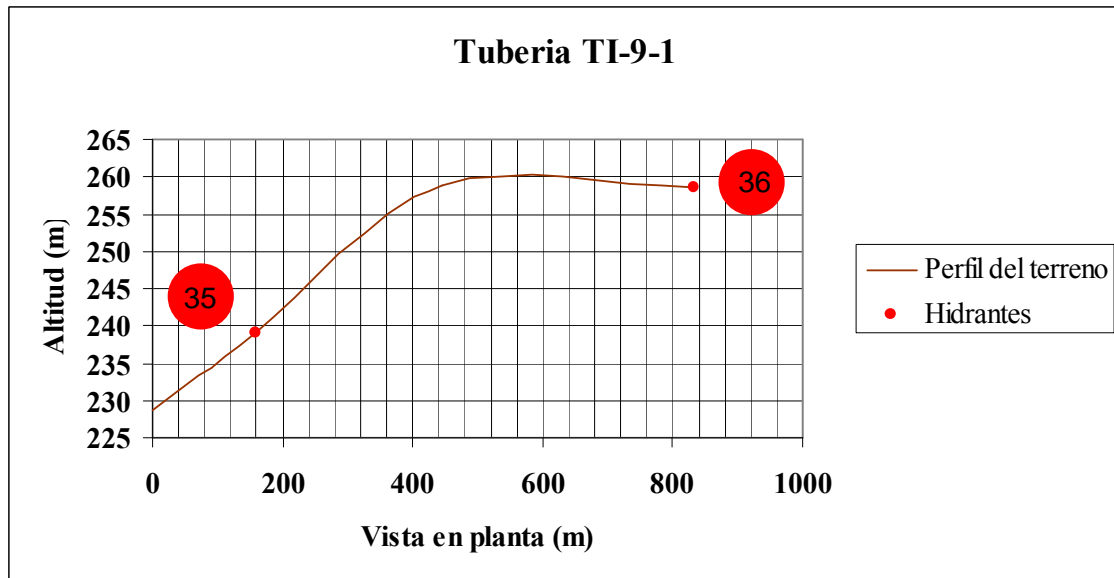
TABLA DE RESULTADOS													
Cálculo del tamaño de la bomba													
Punto ref	Tub	L (m)	Cota (m)	Q (m³/s)	D res (mm)	V (m/s)	E. cin (mca)	P.C.ins (mca)	P.C.tub (mca)	P.ref (bar)	f	D (mm)	Observaciones
39	TI-9-2	186	275.96	0.01903	120	1.366	0.0697	1.92	6.59	2.2	0.0496	140	Uso de valv de 6". hid A-102. hidro de 4". tub PN 6
38	TI-9-2	228	272.75	0.03091	231	0.6961	0.0355	4.54	0.95	3.35	0.0403	250	Uso valv 4". hid F-82. hidro de 4". v secc 6". tub PN 6
40	TI-9	210	267.16	0.0457	294	0.6483	0.0331	2.78	0.56	4.1	0.0373	315	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro de 2 1/2". tub PN 6
TI-9-3	TI-9	900	239.01	0.03494	350	0.3264	0.0166	0	0.46	6.81	0.0352	400	Tub PN 10
41	TI-9-3	90	241.5	0.02528	204	0.6043	0.0308	3.16	0.29	6.22	0.0408	250	Valv 6". hid A-102. hidro 4". v secc 6". tub PN 10
42	TI-9-3	789	275	0.00787	153	0.3553	0.0181	2.17	1.39	2.58	0.046	180	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro de 2 1/2". tub PN 8
43	TI-9	1422	205.48	0.00966	96	0.7372	0.0376	2.62	15.38	8.33	0.0504	140	Uso de valv de 4". hid F-82. hidro 2 1/2". tub PN 10
TI-9-2	TI-9	312	268.72	0.07278	317	0.6405	0.0327	0	0.59	4.28	0.0345	400	Tub PN 6
P4515	TI-9	538	276.17	0.07278	334	0.6799	0.0347	0	1.19	3.6	0.0348	400	Tub PN 10
37	TI-9	273	249.65	0.08841	324	0.8258	0.0421	2.5	0.89	6.31	0.0348	400	Uso valv 6". hid A-102. hidro 4". v secc 6". tub PN 10
Impulsión mínima de la bomba (bar)				Caudal necesario (m³/s)		Cota de la estación (m)							

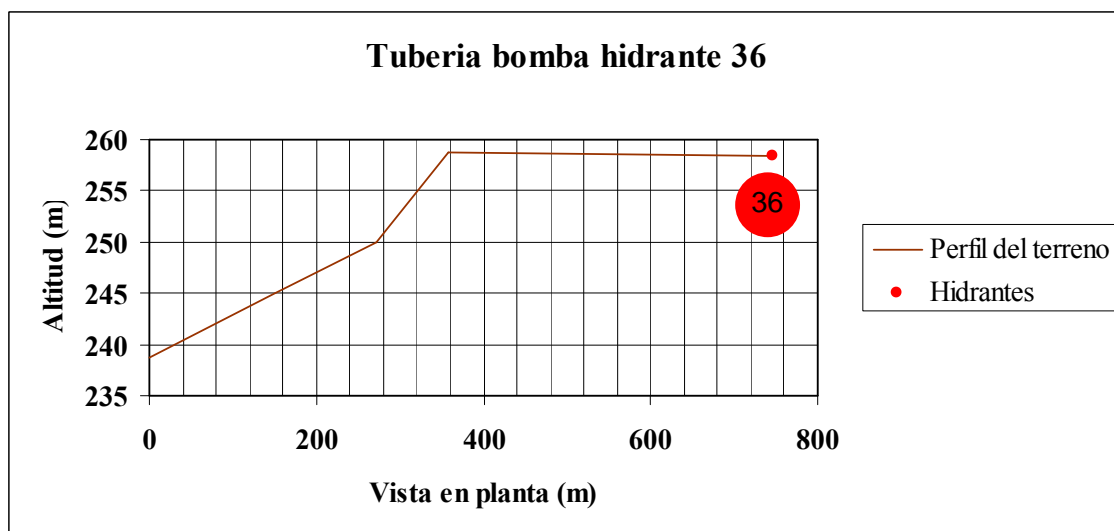
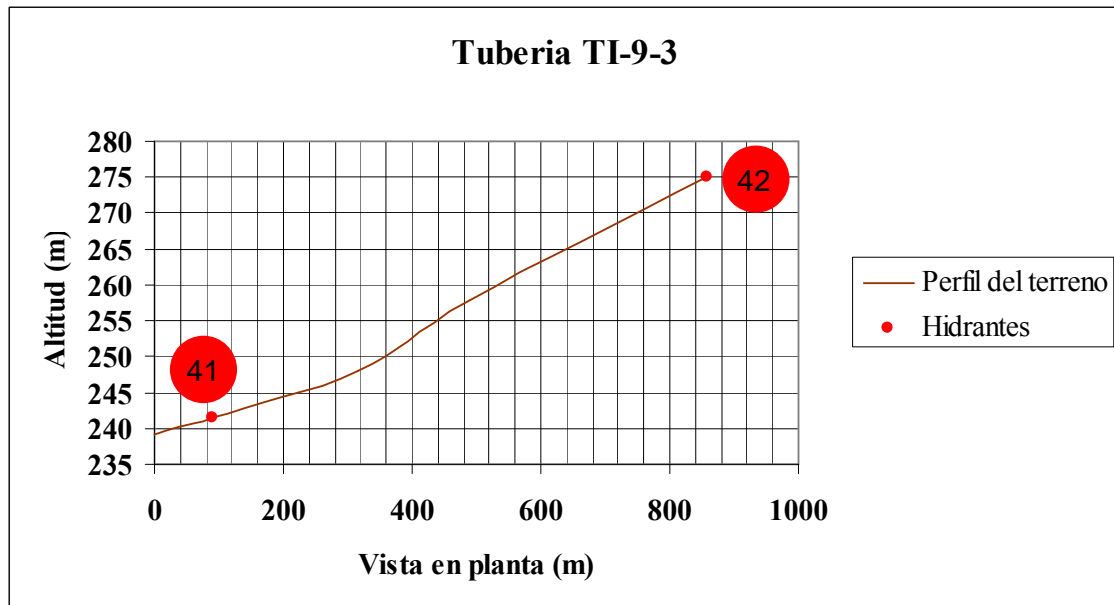
Cálculos hidráulicos

7.71	0.08841	238.72			
------	---------	--------	--	--	--

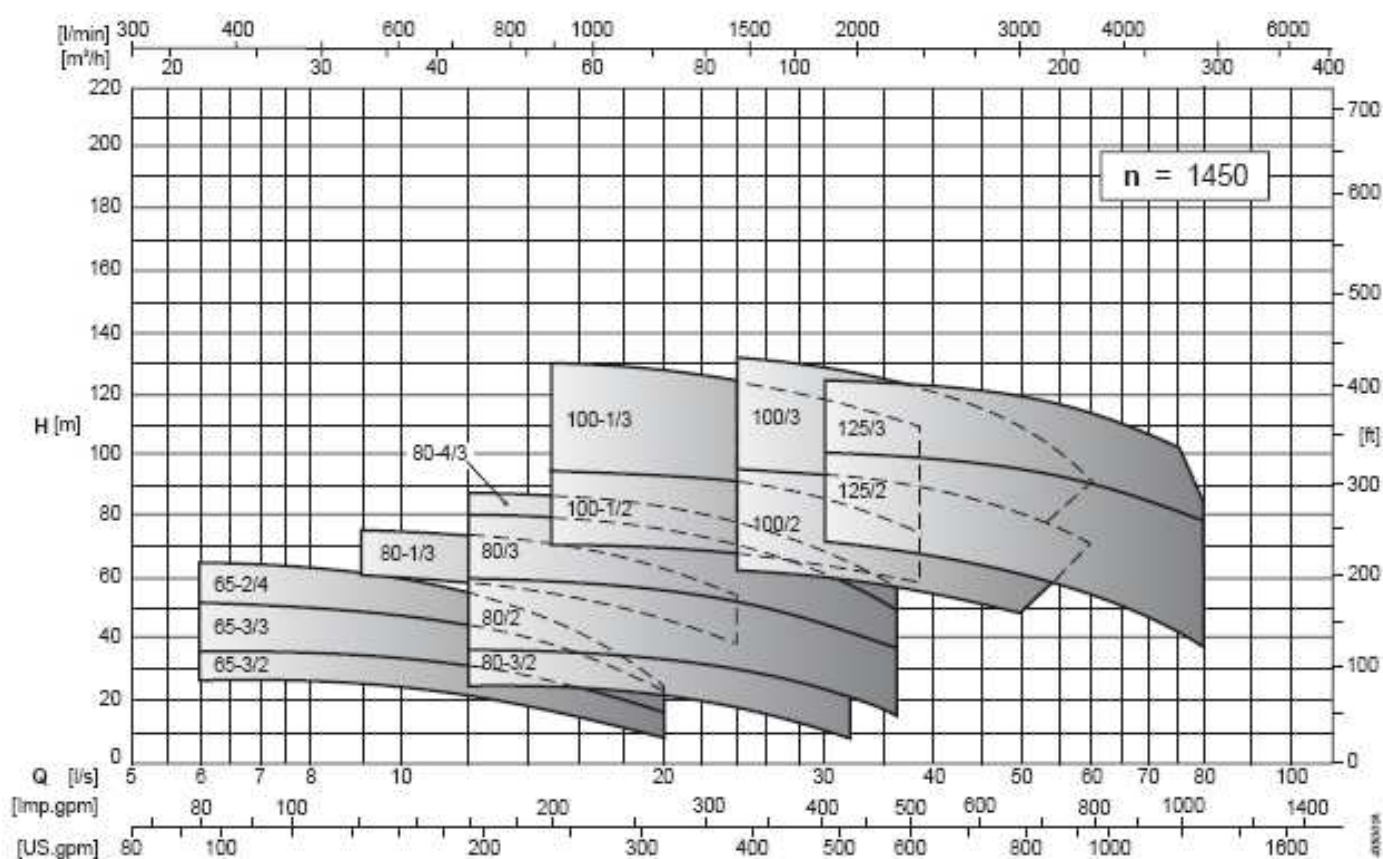
TABLA DE RESULTADOS													
Cálculo del tamaño de la bomba													
Punto ref	Tub	L (m)	Cota (m)	Q (m³/s)	D res (mm)	V (m/s)	E. cin (mca)	P.C.ins (mca)	P.C.tub (mca)	P.ref (bar)	f	D (mm)	Observaciones
36	Bomba 36	390	258.46	0.01023	128	0.7344	0.0375	3.47	4.01	2.2	0.0498	140	Valv 4", hid F-82, hidro 4", v secc 3", tub PN 6
P 357	Bomba 36	358	258.71	0.01023	128	0.7547	0.0386	2	3.95	2.9	0.05	140	Uso v secc 3", tub PN 8
Impulsión mínima de la bomba (bar)					Caudal necesario (m³/s)			Cota de la estación (m)					
5.44					0.01023			238.72					







4.3.7 COMPONENTES Y CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

caprariPOMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTIFASICAS
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPEN**MEC-MR**CAMPI DI PRESTAZIONI
CAMPOS DE PRESTACIONES
LEISTUNGSBEREICHE

MEC-MR

1450 n [min⁻¹]POMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTIFASICAS
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPENCARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO
BETRIEBSMERKMALE

DNa x DNm	Combinazione giranti Combinaciones rodete Laufwerkombinationen	PORTATA - CAUDAL - FÖRDERLEISTUNG										
		l/s	0	24	28	30	35	40	45	50	55	60
		m³/h	0	86	101	108	126	144	162	180	198	216
mm		l/min	0	1440	1680	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600

MEC-MR 100/3

125 x 100	G	m	102	101	99	98	93	88	81	73		
		kW	17	34	37	38,5	42	45	48,5	51,5		
	F	m	106	105	103	102	98	93	85	79		
		kW	18	36,5	39,5	41	45	48,5	52	54,5		
	E	m	110	109	107	106	102	98	90	85	76	
		kW	19	39	42	44	48	51,5	54,5	58	60	
	D	m	116	115	113	111	109	104	98	91	83	
		kW	20	41	45	46,5	51	54,5	58	62	64,5	
	C	m	121	120	118	117	114	110	104	97	88	
		kW	21	44	48	49	53,5	58	62,5	66,5	70,5	
	B	m	127	126	124	123	119	115	110	103	93	84
		kW	23	47	51,5	53	57,5	62	66,5	70,5	75	79
	A	m	133	133	130	129	125	121	115	108	100	90
		kW	25	51	55	57	62	66	70,5	75	79	84
NPSH m				2	2	2	2	2,2	2,5	3,2	4,4	6

DNa x DNm	Combinazione giranti Combinaciones rodete Laufwerkombinationen	PORTATA - CAUDAL - FÖRDERLEISTUNG										
		l/s	0	30	40	45	50	55	60	65	70	80
		m³/h	0	108	144	162	180	198	216	234	252	288
mm		l/min	0	1800	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4800

MEC-MR 125/3

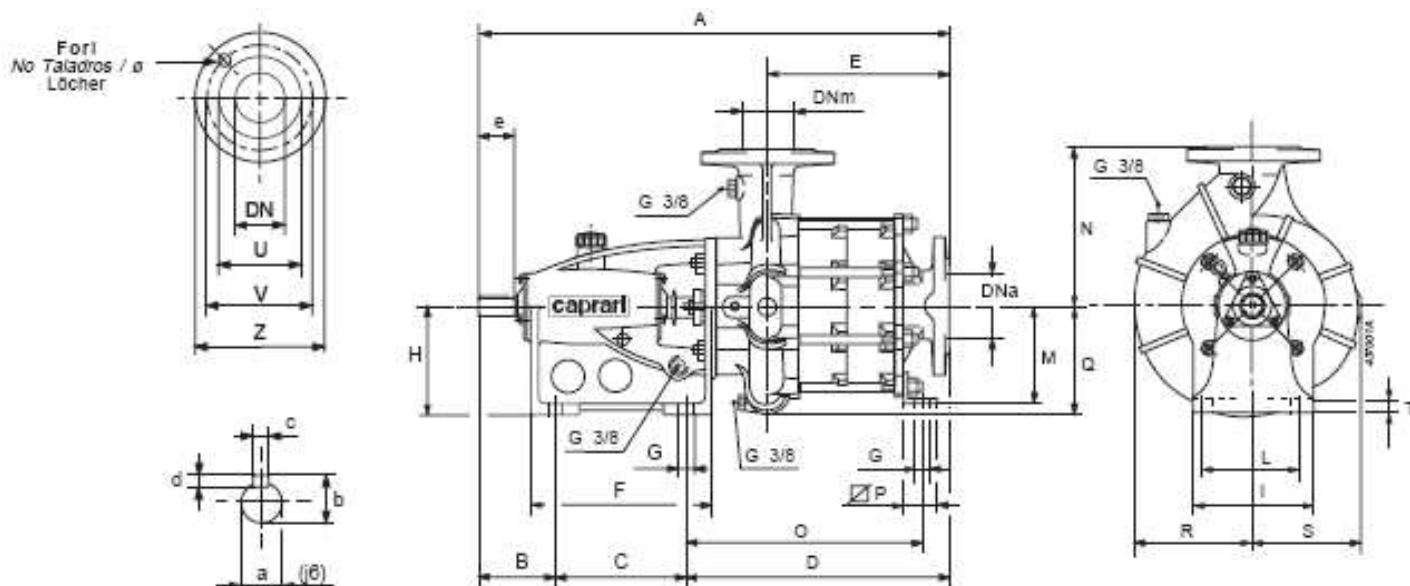
150 x 125	G	m	104	105	102	99	96	92	88	83	77	64
		kW	35	53,5	58	61	64,5	67,5	70,5	73,5	76	81
	F	m	109	110	106	104	101	97	93	88	83	70
		kW	36,5	56	60,5	63,5	67	70,5	73,5	76,5	80	85
	E	m	114	115	112	109	106	103	99	94	89	76
		kW	38	58	63	66	70	73,5	77	81	84	89
	D	m	119	120	118	115	112	109	106	101	96	84
		kW	40	61	70	70,5	75	79	83	86,5	90	95
	C	m	125	126	123	121	119	116	112	108	103	
		kW	43	64	70,5	74	79	83	87	91	95	
NPSH m				1,9	2,2	2,3	2,5	2,7	3	3,2	3,6	4,6

m = Prevalenza manometrica totale kW = Potenza assorbita
 Altura de impulsión manométrica total Potencia absorbida
 Manometrische Gesamtförderhöhe Leistungsaufnahme

N.B.: Oltre alla pompa, precisare anche il tipo della combinazione giranti. (A,B,C, ecc.) Es.: MEC-MR 100/2C.

Nota: Además de la bomba, precisar también el tipo de combinación rodete. (A,B,C, etc.) Ej.: MEC-MR 100/2C.

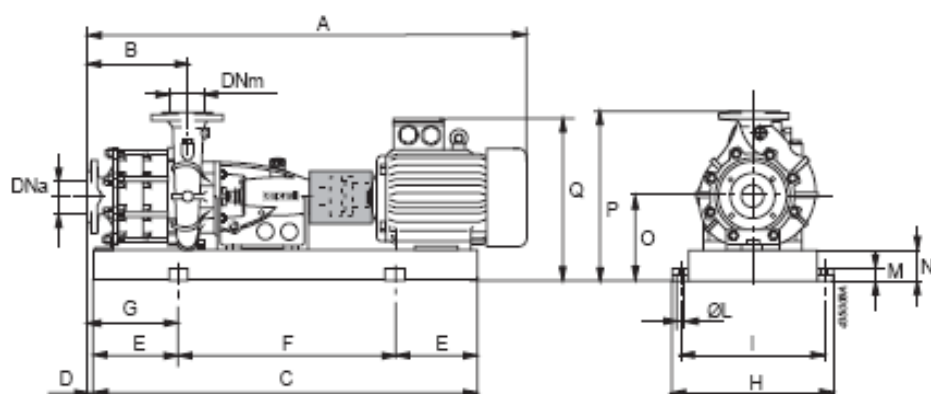
Anm.: Neben der Pumpe auch den Typ der Laufräderkombination angeben. (A,B,C, etc.) Bsp.: MEC-MR 100/2C.

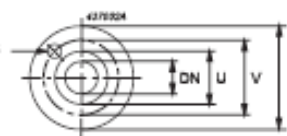
caprariPOMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTIFASICAS
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPEN**MEC-MR**DIMENSIONI DI INGOMBRO E PESI
DIMENSIONES MÁXIMAS Y PESOS
ABMESSUNGEN UND GEWICHTE

Pompa tipo Bomba tipo Pumpentyp	DNa	DNm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	Sporgenza albero Saliente eje Wellenüberstand	Peso Peso Gewicht
			mm																			kg
MEC-MR 65-2/3	80	65	794	152	240	402	275	330	22	200	215	180	160		369	45	180	188	168	19	3	116
65-2/4			872			480	353							275	447							136
65-3/2	80*	65*	615	124	185	306	197	255	19	160	180	150	-		-	-				16	2	81
65-3/3			693			384	275						160		348	45						97
MEC-MR 80/2	100		769			377	250						200		-	-						127
80/3			862			470	343						200		405	45						158
80-1/2	80	80	739	152	240	347	220	330	22	200	215	180	-	325	-	-	223	244	222	19	3	136
80-1/3			834			442	315						200		413	45						166
80-2/2			769			377	250						-		-	-						133
80-3/2	100		758			366	239						-	300	-	-	191	204	180			127
80-4/3			862			470	343						200	325	-	-	223	244	222			136
MEC-MR 100/2	125	100	942			438	288						280		520	65						248
100/3			1072			568	418						280		-	-						312
100-1/2	100	100	942			438	288						-		-	-						253
100-1/3			1072			568	418	415	24	280	295	250	280	400	523	65	286	285	263	24	4	312
100-2/2	125	100	942	199	305	438	288						-		-	-						253
100-2/3			1072			568	418						280		520	65						312
MEC-MR 125/2	150	125	949			445	295						280		-	-						264
125/3			1079			575	425						280	425	525	65		303	270			328

SPORGENZA D'ALBERO SALIENTE DE EJE WELLENÜBERSTAND				
Tipo Tipo Typ	a	b	c x d	e
	mm			
1	24	27	8 x 7	45
2	28	31	10 x 8	65
3	38	41	14 x 9	80
4	50	53,5	14 x 9	105

FLANGE BRIDAS FLANSCH				
Ø Bocca Ø Boca Stutzen-Ø	U	V	Z	Fori Taladros Löcher
	mm			No mm
DN				
65* (UNI PN16)	122	145	185	4
65 (UNI PN25)				8
80* (UNI PN10)	130	160	200	4
80 (UNI PN16)				8
100 (UNI PN16)	158	180	220	8
125 (UNI PN16)	188	210	250	8
150 (UNI PN16)	212	240	285	22

caprariPOMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTIFASICAS
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPEN**MEC-MR****4P / 50Hz**SELEZIONE - DIMENSIONI E PESI ELETTROPOMPE SU BASE
SELECCION - DIMENSIONES Y PESOS ELECTROBOMBAS SOBRE BASE
AUSLEGUNG - ABMESSUNGEN UND GEWICHTE DER ELEKTROPUMPEN AUF UNTERGESTELLACCOPIAMENTI CON MOTORI ELETTRICI CHIUSI NORMALIZZATI
ACOPLEMENTOS CON MOTORES ELECTRICOS CERRADOS ESTANDARIZADOS
KUPPLUNG MIT GEKAPSELTEN ELEKTRISCHEN NORMMOTOREN

Fori No Taladros Löcher				
Ø Bocca Ø Boca Stutzen-Ø	U	V	Z	Fori Taladros Löcher
DN	mm			No Ø
65* (UNI PN16)	122	145	185	4
65 (UNI PN25)				8
80* (UNI PN10)	130	160	200	4
80 (UNI PN16)				8
100 (UNI PN16)	158	180	220	8

POMPA BOMBA PUMPE		MOTORE MOTOR MOTOR		BGA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	Peso Peso Gewicht
Tipo Tipo Typ	DNa DNm	kw	Grandezza Dimension Bauggröße	Tipo Tipo Typ	mm															kg

MEC-MR100/2		22	180L	27/5F	1634		1153		200	753	573	490	440							730	519
100/2		30	200L	28/5F	1676		1191			691		530	480							785	591
100/2		37	225S	29/5K	1722	268	1233	373		733		580	530							811	643
100/2		45	225M	30/5K	1782		1258		250	758	623	580	530							811	694
100/2		55	250M	31/6K	1852		1320			820		630	580							861	784
100/2		75	280S	48/6K	1950		1406			906		690	640							910	969
MEC-MR100/3		37	225S	27/5K	1852		1733			1133		580	530							811	736
100/3		45	225M	80/5K	1912		1763			1163		580	530							811	782
100/3		55	250M	78/6K	1982	418	1815	3	300	1215	303	630	580							861	873
100/3		75	280S	77/6K	2080		1906			1306		680	630							910	1051
100/3		90	280M	84/6K	2080		1907			1307		680	630							910	1096
MEC-MR100-1/2		22	180L	27/5F	1634		1153		200	753	573	490	440							730	519
100-1/2		30	200L	28/5F	1676		1191			691		530	480							785	591
100-1/2		37	225S	29/5K	1722	268	1233	373		733		580	530							811	643
100-1/2		45	225M	30/5K	1782		1258		250	758	623	580	530							811	624
100-1/2		55	250M	31/6K	1852		1320			820		630	580							861	784

MEC-MR

POMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTIFASICAS
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPEN



DATI TECNICI MOTORE ELETTRICO (Valori Indicativi in funzione della marca di motore utilizzato)

DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO (Valores Indicativos en función de la marca de motor utilizado)

TECHNISCHE DATEN ELEKTROMOTOR (Orientierungswerte, je nach Fabrikat des benutzten Motors ausfallend)

4 Poli 50Hz - 4 Poles 50Hz - 4 Poles 50Hz						
Potenza motore Potencia motor Motorleistung	Numero massimo di avviamenti/ora* Número máximo de arranques/hora* Max. Anlaufzahl/Stunde*	Variazione di tensione Variación de tensión Spannungsschwankungen	Livello altimetrico massimo** Nivel altimétrico máximo** Max. Höhenlage**	Temperatura ambiente massima** Temperatura ambiente máxima** Max. Raumtemperatur**	Umidità relativa massima** Humedad relativa máxima** Max. relative Feuchte**	Momento dinamico J Momento dinámico J Dynamisches moment J J = 1/4 PD²
kW		%	m	°C	%	kg m²
0,75	15	±10 (400V)	1000	40	78	0,0018
1,1						0,0032
1,5						0,0039
2,2						0,0039
3						0,0051
4						0,0071
5,5						0,0177
7,5						0,0334
9	12					0,0385
11						0,054
15						0,073
18,5	10					0,089
22						0,122
30	6					0,151
37						0,23
45	5					0,28
55						0,75
75	4					1,28
90						1,45
110						2,74
132						2,95



POMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTICELULARES
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPEN

PM 80

n [min⁻¹] 1450

Campo di utilizzazione - Campo de utilización -
Leistungsbereich: $\geq 65\% \eta$

Numero stadi: min. 2; max. 16 (PM/PMS/PMH),
compatibilmente con la pressione massima di esercizio.
Número de fases: min. 2; max. 16 (PM/PMS/PMH),
Compatiblemente con la presión máxima.
Stufenzahl: mind. 2; max. 16 (PM/PMS/PMH),
Kompaßbel mit Höchstdruck.

NB. Solamente per le pompe a due stadi,
ridurre di un punto il rendimento.
NOTA: Solamente para las bombas de dos fases, reducir
de un punto el rendimiento.
Anm.: Nur für zweistufige Pumpen die Leistung um
einen Punkt verringern.

Pressione massima di esercizio
Presión máxima de funcionamiento
Max. Betriebsdruck

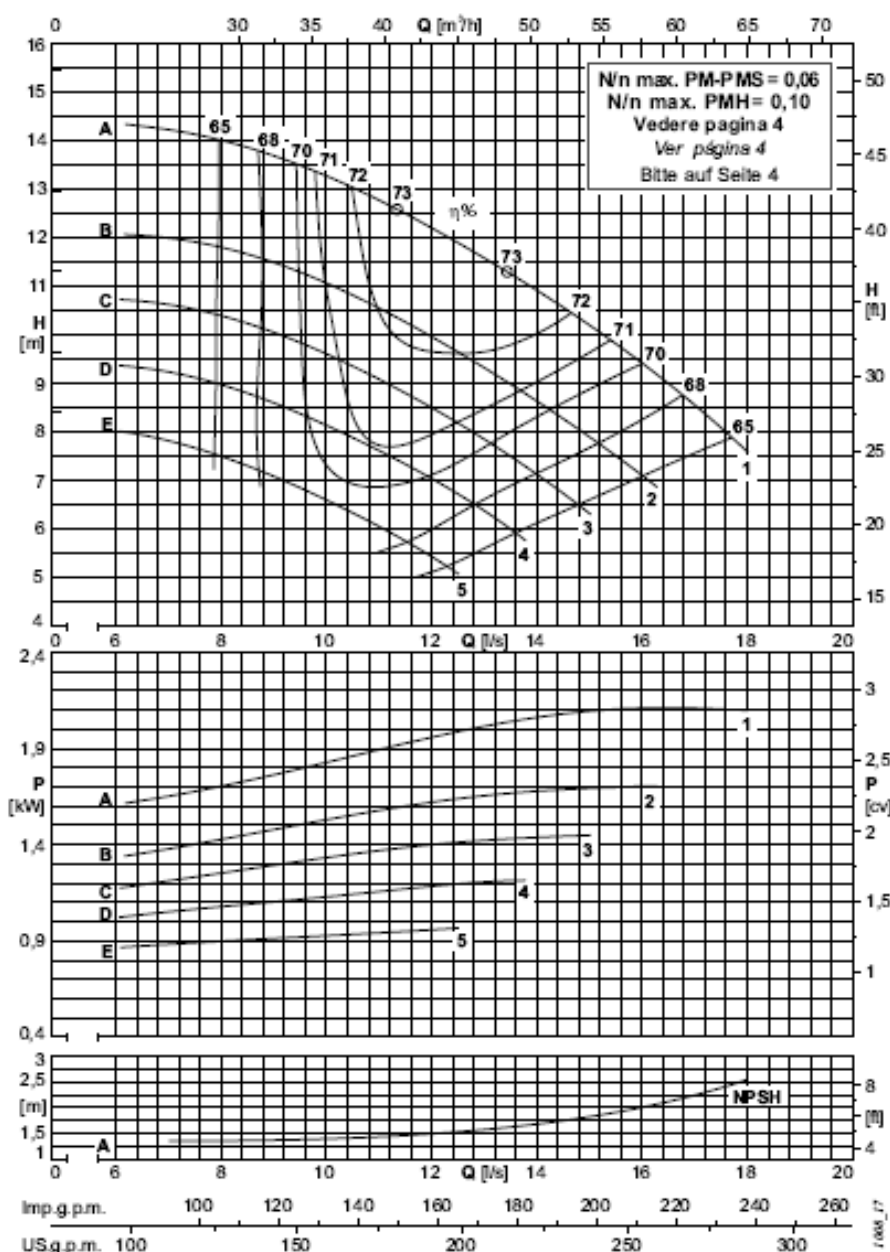
Tipo tenuta Tipo cierre Dichtungsart	Tipo pompa Tipo bomba Typ. pumpe	PNa [bar]	PNm [bar]
Meccanica Mecánico Gleitringdichtung	PM...T PMS...T PMH...T	25 25 40	40 64 100
Baderna Badema Dichtung	PM... PMS... PMH...	25 8(*) 17	40 64 100

(*) Per pressioni superiori, interpellare i nostri
uffici commerciali
(*) Para presiones superiores, rogamos
contactar con nuestra oficina comercial
(*) Für höhere Drücke bitte das Verkaufsbüro
kontaktieren

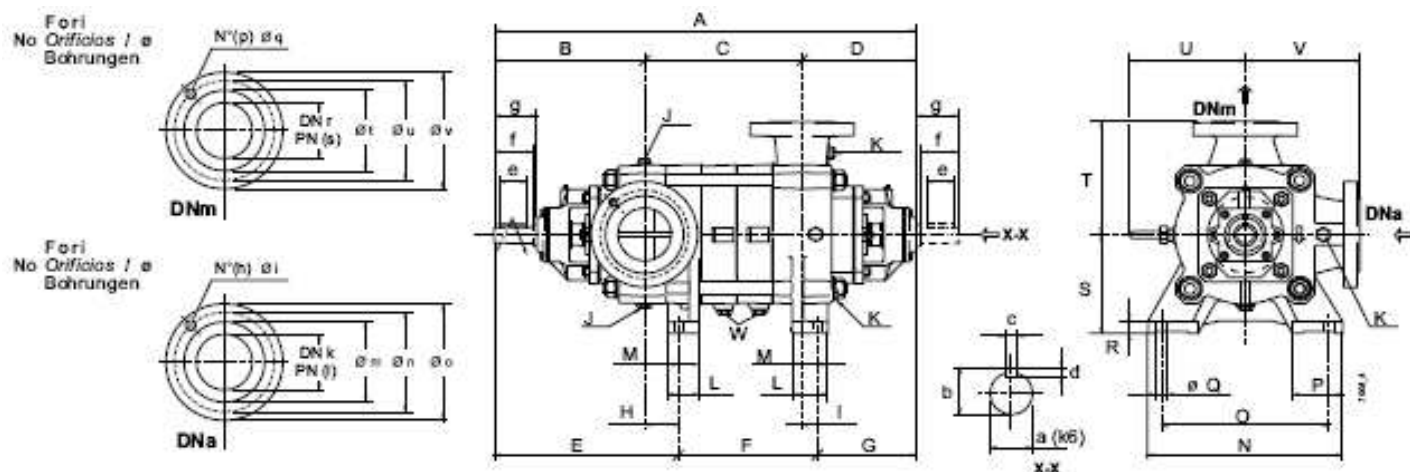
Momento d'inerzia J bagnato
Momento de inercia J mojado
Trägheitsmoment J, naß
 $J = \frac{1}{8} \pi D^2 - [\text{kg m}^2]$

Girante Rodete Laufrad	PM(S/H) 80/2	Per ogni stadio in più Para cada ulterior fase Für jede Stufe mehr
Ghisa Fundición Gußeisen	0,0377	0,0170
Bronzo Bronce Bronze	0,0405	0,0184

PRESTAZIONI PER STADIO
CARACTERISTICAS POR FASE
LEISTUNGEN FÜR JEDE STUFE



PRESTAZIONI PER STADIO CARACTERISTICAS POR FASE LEISTUNGEN FÜR JEDE STUFE																							
DNa x DNm	Grande tipo Roto tipo Laundry	PORTATA - CAUDAL - FÖRDERMENGE																					
		l/s	0	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5
		m³/h	0	28,8	30,6	32,4	34,2	36	37,8	39,6	41,4	43,2	45	46,8	48,6	50,4	52,2	54	55,8	57,6	59,4	61,2	63
		l/min	0	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050
PM(S/H) 80/1																							
100 x 80	E	m	8,4	7,5	7,3	7,1	6,8	6,6	6,3	6,1	5,7	5,4											
		kW	0,67	0,9	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,96												
	D	m	9,6	9	8,8	8,6	8,4	8,2	7,9	7,6	7,3	7	6,7	6,4	6								
		kW	0,74	1,08	1,09	1,1	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,19	1,2	1,21	1,21								
	C	m	11,3	10,3	10,3	10,1	9,8	9,6	9,4	9,1	8,8	8,5	8,2	7,8	7,5	7,1	6,7	6,3					
	kW	0,9	1,25	1,28	1,29	1,32	1,33	1,35	1,37	1,4	1,4	1,41	1,42	1,43	1,44	1,44	1,45						
	B	m	12,9	11,8	11,7	11,5	11,3	11,1	10,8	10,6	10,3	9,9	9,6	9,3	9	8,6	8,3	7,9	7,5	7,1			
		kW	1	1,43	1,45	1,48	1,51	1,53	1,56	1,58	1,6	1,62	1,64	1,66	1,67	1,68	1,69	1,7	1,7	1,7			
	A	m	15,4	14	13,9	13,7	13,5	13,3	13	12,8	12,5	12,2	11,9	11,6	11,2	10,9	10,6	10,2	9,8	9,4	9	8,5	8,1
		kW	1,1	1,71	1,73	1,76	1,79	1,83	1,87	1,9	1,93	1,96	2	2,02	2,04	2,06	2,08	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
NPSH m				1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4

caprarliPOMPE CENTRIFUGHEMULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTICELULARES
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPEN**PM 80**DIMENSIONI DI INGOMBRO E PESI
DIMENSIONES MÁXIMAS Y PESOS
ABMESSUNGEN UND GEWICHTE

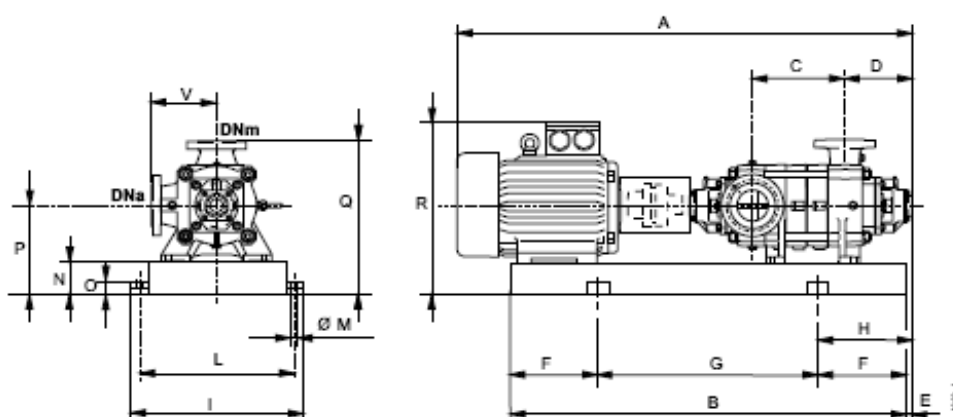
Tipo Tipo Typ	DNa	DNm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	S	T	U	V	Peso + Peso + Gewicht
	[mm]															[kg]
PM(S) 80/2	100	80	804	360	170	274	421	138	245	61	29	200	245	259	245	179
PM(S) 80/3			874		240			208								199
PM(S) 80/4			944		310			278								220
PM(S/H) 80/5			1014		380			348								240
PM(S/H) 80/6			1084		450			418								261
PM(S/H) 80/7			1154		520			488								281
PM(S/H) 80/8			1224		590			558								302
PM(S/H) 80/9			1294		660			628								322
PM(S/H) 80/10			1364		730			698								343
PM(S/H) 80/11			1434		800			768								363
PM(S/H) 80/12			1504		870			838								384
PM(S/H) 80/13			1574		940			908								407
PM(S/H) 80/14			1644		1010			978								428
PM(S/H) 80/15			1714		1080			1048								448
PM(S/H) 80/16			1784		1150			1118								469

* = Valori indicativi in funzione del tipo di pompa utilizzata. - Valores indicativos en función del tipo de bomba utilizada. - Werte je nach pumpen verschieden.

Dimensione dei piedi - Dimensiones de los pies - Fußabmessungen							Sporgenza d'albero - Saliente del eje - Wellenüberstand						
L	M	N	O	P	Q	R	a	b	c	d	e	f	g
[mm]							[mm]						
70	25	420	370	102	24	25	35	38	10	8	70	90	104

Flange - Bidas - Flansche														
ø Bocca - Boca ø - ø Öffnung					m	n	o	Fert-Offfals-Bohrungen		t	u	v	Fert-Offfals-Bohrungen	
								h	i				p	q
DNa		DNm			[mm]			No	ø	[mm]			No	ø
PM(S)	PMH	PM	PMS	PMH					[mm]					[mm]
100 (UNI PN25)	100 (UNI PN40)				160	190	235	8	22					
		80 (UNI PN40)								138	160	215	8	18
			80 (UNI PN64)							138	170	215	8	22
				80 (UNI PN100)						130	180	230	8	25

Tappi - Taponos - Stopfen		
J	K	W
G 1/2	G 1/2	G 1/4

PM 80POMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTICELULARES
MEHRSTUFIGE KREISLSPUMPEN**caprarli****4P / 50Hz**SELEZIONE - DIMENSIONI E PESI ELETTROPOMPE SU BASE
SELECCION - DIMENSIONES Y PESOS ELECTROBOMBAS SOBRE BASE
AUSLEGUNG - ABMESSUNGEN UND GEWICHTE DER ELEKTROPUMPEN AUF UNTERGESTELLACCOPIAMENTI CON MOTORI ELETTRICI CHIUSI NORMALIZZATI
ACOPLEMENTOS CON MOTORES ELECTRICOS CERRADOS ESTANDARIZADOS
KUPPLUNG MIT GEKAPSELTEN ELEKTRISCHEN NORMMOTOREN

POMPA BOMBA PUMPEN		MOTORE MOTORES MOTOREN		BGAM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	V	Peso Peso Gewicht
Tipo Tipo Typ	DNa x DNm [mm]	[kW]	Grandezza Valor Wert	Tipo Tipo Typ	[mm]																	[kg]

PM(SH) 80 /7	100 x 80	7.5	132M	671/DN	1625	1338	520	274	195	250	445	600	550	20	100	42	300	545	245	475	404
/7		9																			
/7		11	160M	672/EN	1763	1471															
/7		15	160L	673/EN		1515															
/7		18.5	180M	674/FN																	
PM(SH) 80 /8		9	132M	675/DN	1695	1408	590														
/8		11	160M	676/EN		1541															
/8		15	160L	677/EN	1833	1585															
/8		18.5	180M	678/FN																	
PM(SH) 80 /9		11	160M	679/EN		1611	660														
/9		15	160L	680/EN	1903	1655															
/9		18.5	180M	681/FN																	
/9		22	180L	682/FN	1960	1693															
PM(SH) 80 /10		11	160M	683/EN		1681	730														
/10		15	160L	684/EN	2018	1725															
/10		18.5	180M	685/FN																	
/10	22	180L	686/FN	2030	1763																
/10	30	200L	687/GN	2076	1801	800															
PM(SH) 80 /11	15	160L	688/EN	2043	1795																
/11	18.5	180M	689/FN																		
/11	22	180L	690/FN	2100	1833																
/11	30	200L	691/GN	2146	1871																

4.3.8 DIMENSIONES Y PÉRDIDA DE CARGA EN EL MATERIAL HIDRÁULICO

El HIDRANTE DE RIEGO URAMED es un conjunto de válvula integrada en un sólo cuerpo diseñado especialmente para el riego y el suministro y distribución del agua en instalaciones comunitarias. Está constituido por dos partes principales. El Hidrómetro Tipo H (Boquilla, Salida) y la Válvula Hidrante de Riego.

El Hidrómetro Tipo H está montado sobre la Válvula Hidrante de Riego.

El Hidrómetro Tipo H

Este hidrómetro tiene forma de codo de 120°. Como otros hidrómetros, el Tipo H está constituido por un medidor de turbina vertical, y una válvula de control accionada por diafragma. El modelo Tipo H se suministra en dos tamaños: 2½" y 4".

Válvulas Hidrantes de Riego

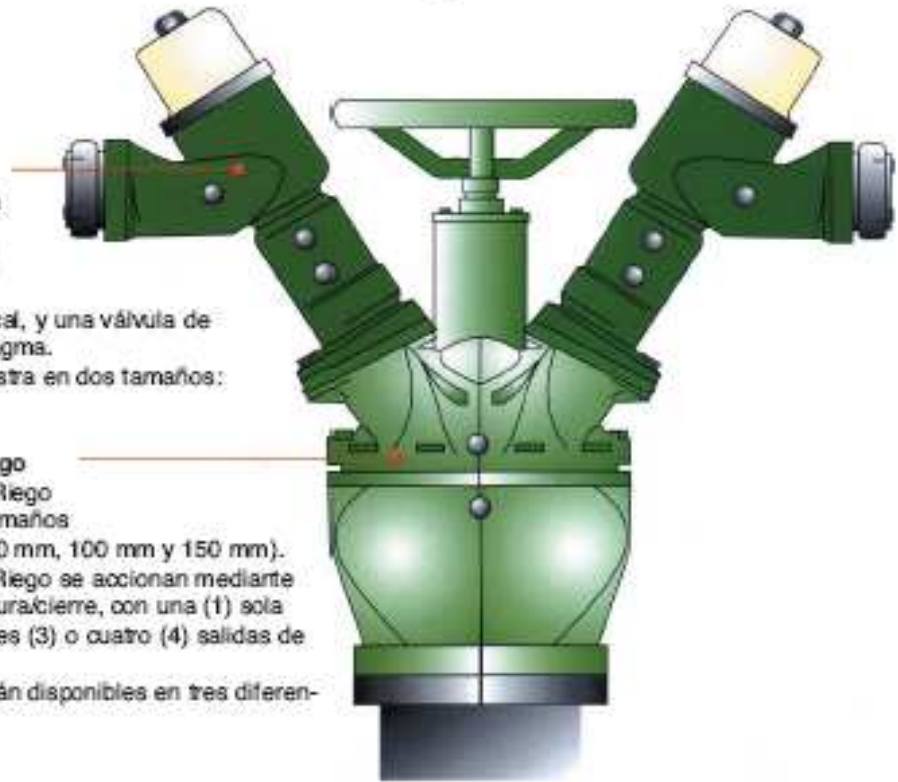
Las Válvulas Hidrantes de Riego están disponibles en tres tamaños de boquillas de entradas (80 mm, 100 mm y 150 mm). Las Válvulas Hidrantes de Riego se accionan mediante un volante manual de apertura/cierre, con una (1) sola brida de entrada, dos (2), tres (3) o cuatro (4) salidas de distribución.

Los Hidrantes de Riego están disponibles en tres diferentes Modelos:

- Tipo F-82
- Tipo A-102
- Tipo A-104

Aplicaciones

- Sistemas de distribución y abastecimiento de aguas a parcelas múltiples.
- Sistemas de control de agua en el sector agrícola.
- Eficiente control de riego en cabecera.



VÁLVULA HIDRANTE DE RIEGO

La válvula hidrante de riego está constituida por una válvula que tiene una brida de entrada y varios orificios de salida, que pueden ser, o bien bridas de forma triangular, o bridas de tipo estándar. La válvula está formada por una cubierta, un eje y un dispositivo de cierre manual. Los componentes de la válvula están ensamblados y posibilitan una variación progresiva del caudal durante el proceso de apertura o cierre de manera que no provoquen golpes de ariete en el sistema colectivo de distribución.

Tipo F-82:

Conexiones finales:

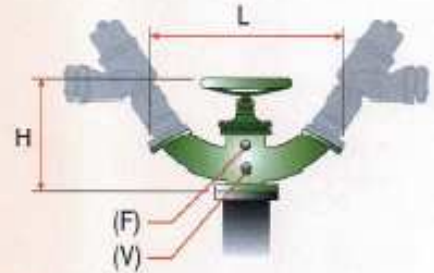
Entrada: 3" (80mm) cualquier estándar de bridas
(Opción: brida de 100mm)

Salidas: 2 1/2". Brida triangular.

Tipo opcional: F-81 con una única salida.

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

V - Orificio opcional para colocación de Ventosas.



Tipo A-102:

Conexiones finales:

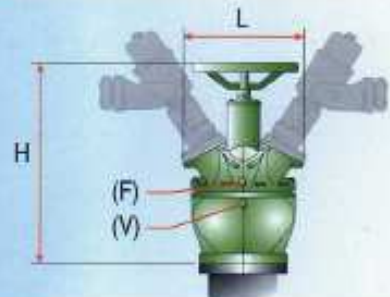
Entrada: 4" (100mm) cualquier brida estándar

Salidas: 4" (100mm), redonda, cualquier brida estándar.

Tipo opcional: A-152 con brida de entrada de 6" (150mm).

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

V - Orificio opcional para colocación de Ventosas



Tipo A-104:

Conexiones finales:

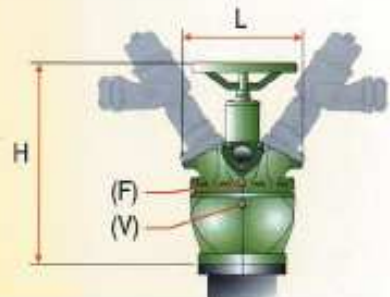
Entrada: 4" (100mm) bridas estándar.

Salidas: 2 1/2" en bridas con forma triangular.

Tipo Opcional: A-154 con brida de entrada de 6" (150mm).

F - Orificio opcional para Válvulas Automáticas Antiheladas.

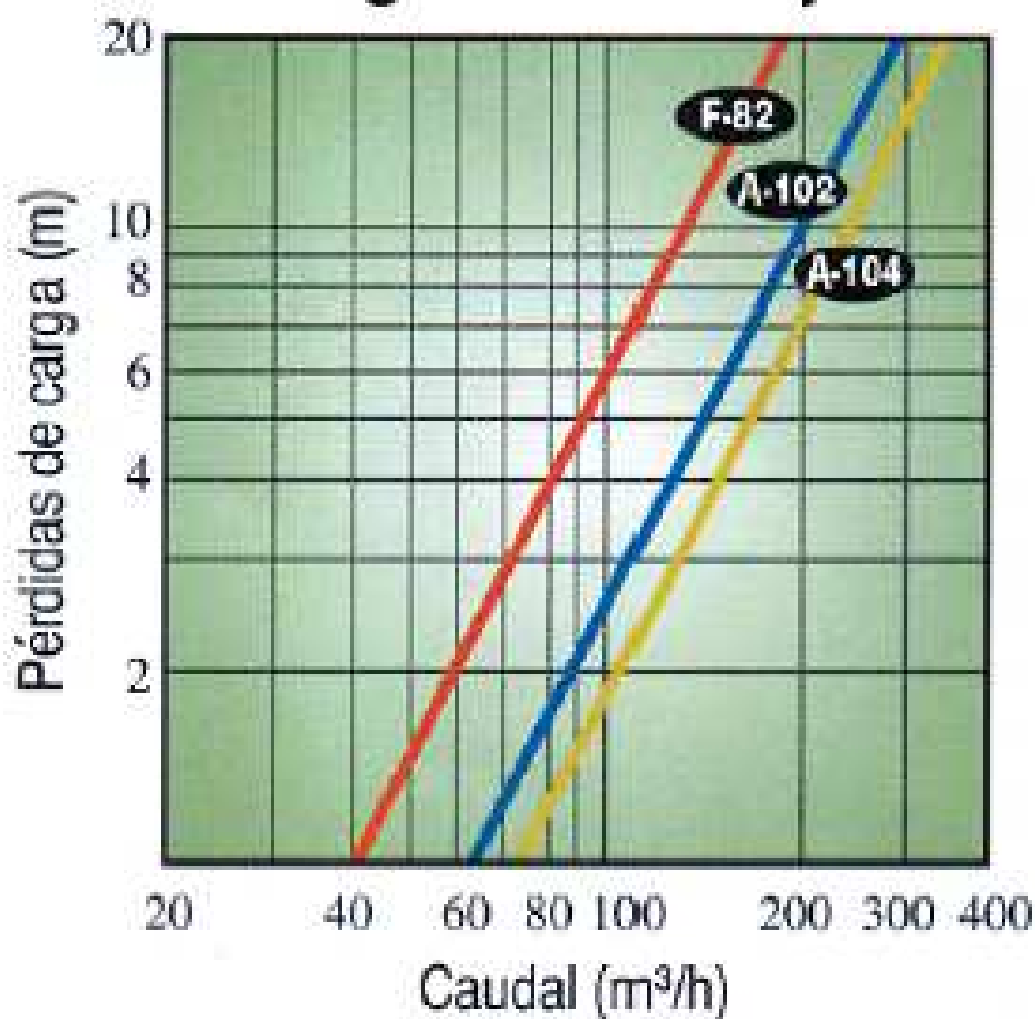
V - Orificio opcional para colocación de Ventosas



Dimensiones y pesos:

Tipo	F-82	A-102	A-104
L (mm)	490	520	360
H (mm)	360	680	640
Peso (kg)	27.0	65.0	51.1
Nº de salidas	1-2	1-2	1-4

* Existen otros tipos a disposición del cliente bajo pedido.

Diagrama de Flujo

HIDRÓMETRO TIPO H

El Hidrómetro Tipo H es un dispositivo en forma de codo de 120° formado por un medidor de turbina vertical tipo Woltmann, y una válvula de control accionado por diafragma. Este producto está especialmente diseñado para ser instalado sobre la Válvula Hidrante de Riego para funciones de riego a múltiples parcelas y aplicaciones de suministro y abastecimiento de agua.

El Hidrómetro Tipo H es único debido a la forma de su cuerpo, aunque similar a otros hidrómetros en cuanto a sus funciones de apertura/cierre, modulación, medición del agua, dosificación y opciones de emisión de pulsos eléctricos.

Este Hidrómetro con forma de codo de 120° está diseñado para permitir conexiarse horizontalmente a las tuberías cuando se instala sobre la Válvula Hidrante de Riego.

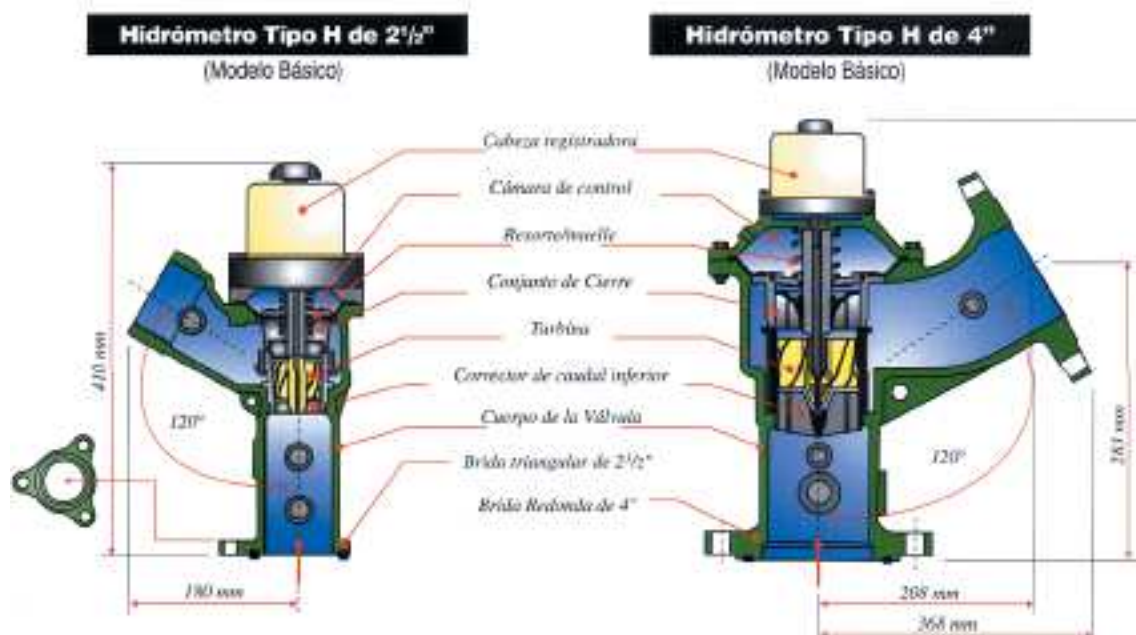
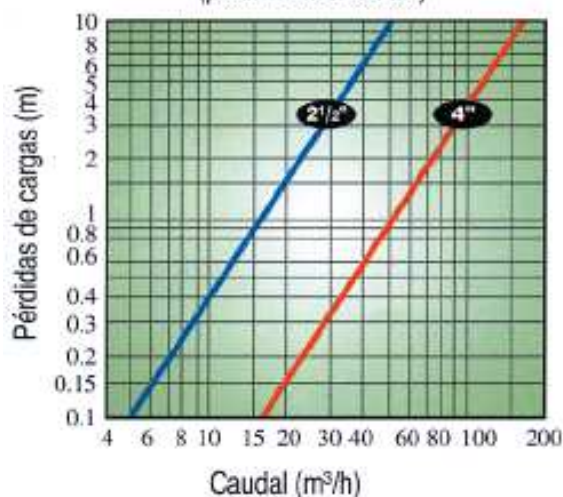


Diagrama de Flujo

(para válvula básica)



Conexiones Opcionales de 2 1/2":

- Acople rápido y Tapón de 2 1/2"
- Rosca BSP de 2 1/2"
- 3" (80mm) cualquier brida estándar

Peso: 9.0 Kg.

Conexiones Finales Opcionales de 4":

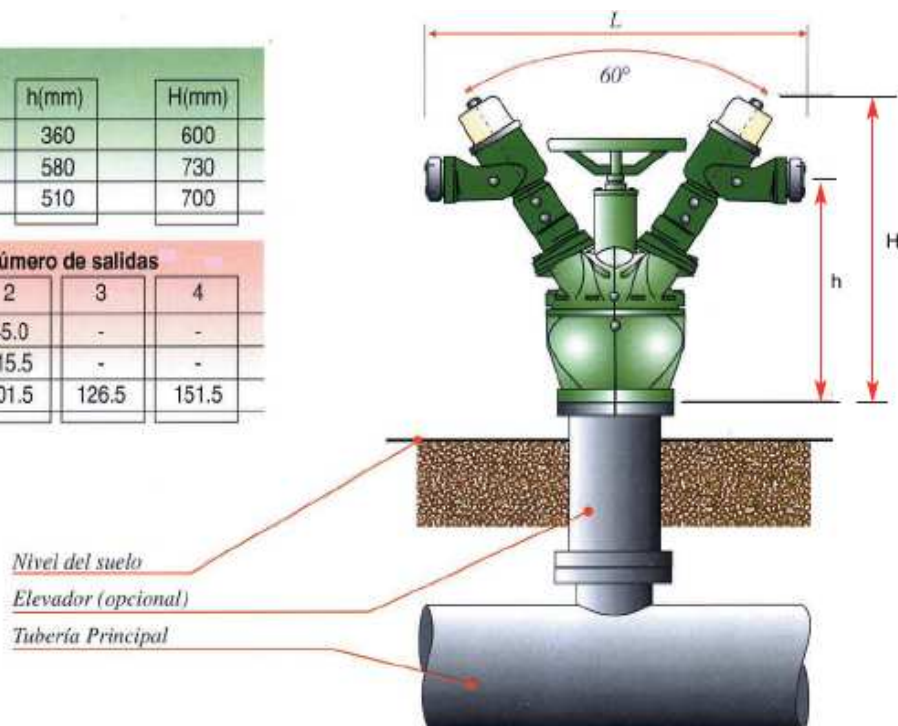
- Acople rápido y Tapón de 4"
- Rosca GB BSP F de 4"
- 4" (100mm) cualquier brida estándar

Peso: 25.0 Kg

Dimensiones

Tipo	L(mm)	h(mm)	H(mm)
F-82	1040	360	600
A-102	1100	580	730
A-104	970	510	700

Pesos (kg)	Número de salidas			
	1	2	3	4
F-82	36.0	45.0	-	-
A-102	90.5	115.5	-	-
A-104	76.5	101.5	126.5	151.5

**300 Series**

Automatic Hydraulic Control Valves

Medidas y Pesos

Valvula - D (Nominal)	50 (2")	65 (2 1/2")	80 (3")	100 (4")	150 (6")	200 (8")	250 (10")	300 (12")	350 (14")	400 (16")	450 (18")
L (mm)	230	292	310	350	480	600	730	850	980	1100	1200
H (mm)	235	294	400	433	558	650	823	944	990	1250	1250
h (mm)	18	18	28	28	40	60	80	100	100	145	145
DF(PN16) (mm)	165	185	200	220	285	345	410	460	520	580	620
DF(PN25) (mm)	165	185	200	240	305	360	425	485	555	620	670
P (Tomas)	1/2" NPT										
C (Tomas)	1/4" NPT				1/2" NPT		1/2" NPT				
W (mm)	170	170	200	235	330	415	525	610	610	850	850
Peso* (Kg)	12	13	22	37	80	157	245	405	510	822	945
Vol.de la camera (l)	0.1	0.1	0.3	0.7	1.5	4.3	9.7	18.6	18.6	50.0	50.0

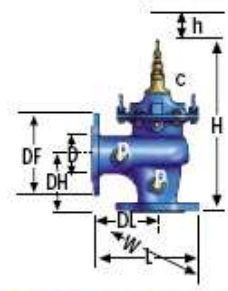
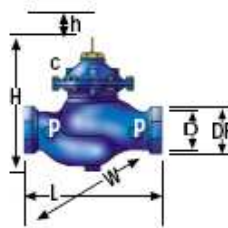
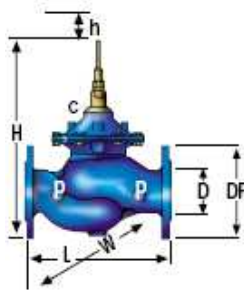
Valvula	Modelo Roscado (TH)				Modelo Angular (A)		
	40 (1 1/2")TH	50 (2")TH	50 (2")A/TH	50 (2")A	80 (3")A	100 (4")A	150 (6")A
D (Nominal)							
L (mm)	215	215	127	127	250	295	405
H (mm)	209	209	212	233	415	445	570
h (mm)	18	18	18	18	28	28	40
DL (mm)			125	122	150	173	240
DH (mm)			106	107	138	147	180
W (mm)	129	129	129	170	200	235	330
Peso* (Kg)	7	7	7	12	20	37	76

*Peso aproximado de envío (PN 25)

Conexiones

(Segun PN16 or PN25)

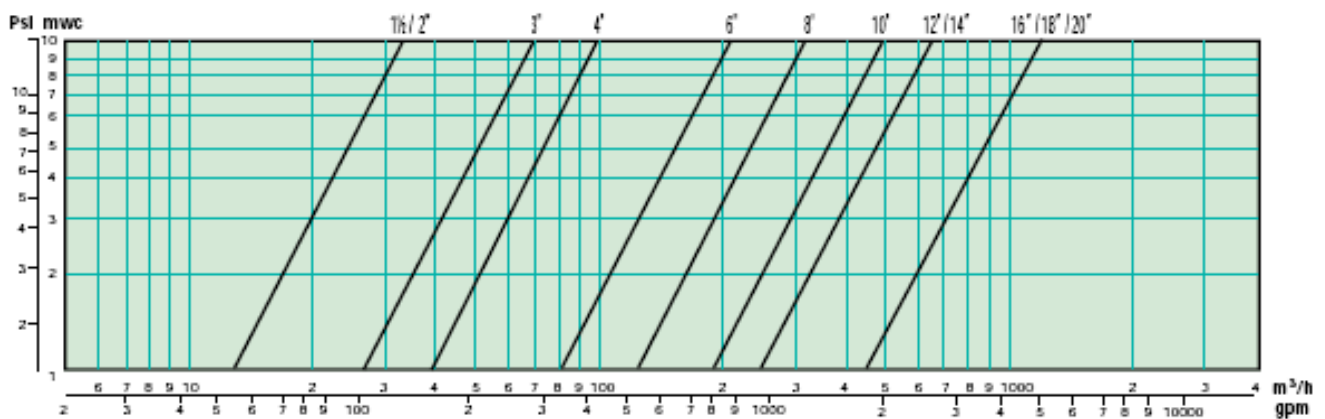
ISO 2084, 2441, 5752
ANSI B16, AS2129, JIS B22.
Otras norma sbajo pedido



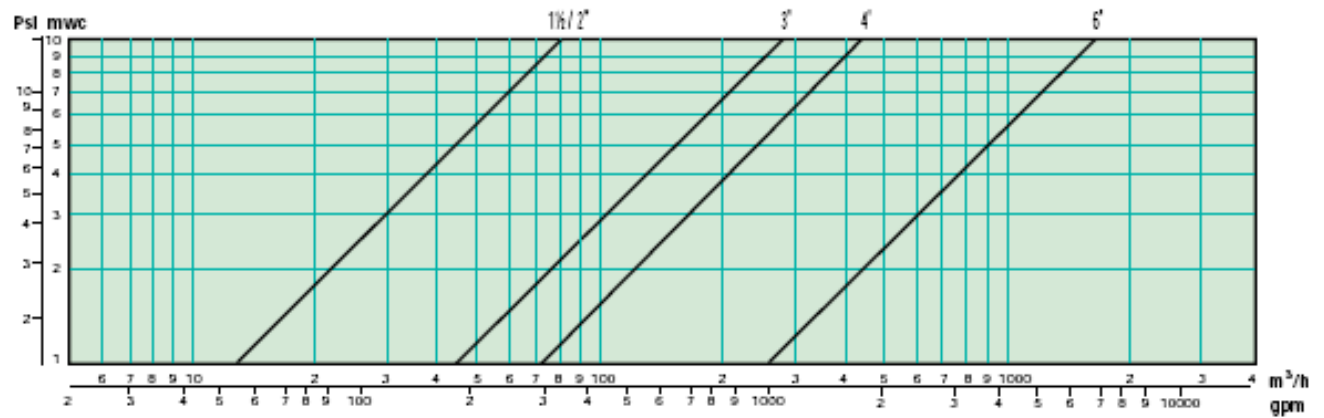
Selección de Tamaño

Valvula	40 (1½")	50 (2")	65 (2½")	80 (3")	100 (4")	150 (6")	200 (8")	250 (10")	300 (12")	350 (14")	400 (16")	450 (18")	
Caudal maximo recomendado para funcion continua(m³/h - V=5.5m/s)	25	40	40	90	160	350	480	970	1400	1900	2500	3150	
Caudal maximo recomendado para funcion continua (Gpm - V=18f/s)	110	180	180	400	700	1600	2800	4300	6200	8400	11000	13900	
Caudal minimo recomendado	<1 m³/h (<5 Gpm)												
Tipo directo													
Factor de caudal:	Kv (Metrico)	43	43	43	103	167	407	676	1160	1600	1600	3300	3300
	Cv (US)	50	50	50	120	195	475	790	1360	1900	1900	3860	3860
Factor de caudal K (Sin unidades)		2.2	5.2	7.7	4.7	5.6	4.8	5.5	4.5	5	9	3.8	5.9
Tipo angular								Para perdida de carga de una valvula com abiarta, usar las siguientes formulas: $H(\text{Bar}) = \left(\frac{Q(\text{m}^3/\text{h})}{K_v} \right)^2$ $H(\text{Psi}) = \left(\frac{Q(\text{Gpm})}{C_v} \right)^2$ $H = K \frac{V^2}{2g}$					
Factor de caudal:	Kv (Metrico)	60	60		140	190	460						
	Cv (US)	70	70		164	222	537						
Factor de caudal: K (Sin unidades)		1.3	2.8		3.3	4.3	4.3						

Perdida de Carga- Valvulas de Globo S-300



Perdida de Carga- Valvulas de Globo S-300 Angular



ESTUDIO DE
SEGURIDAD,
SALUD E
HIGIENE EN EL
TRABAJO

5 ESTUDIO DE SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE EN EL TRABAJO

5.1 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

5.1.1 INTRODUCCIÓN

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

5.1.2 DERECHOS Y OBLIGACIONES

5.1.2.1 Derecho a la protección frente a los riesgos laborales

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

5.1.2.2 Principios de la acción preventiva

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que

hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

5.1.2.3 Evaluación de los riesgos

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.

- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - o Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - o Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - o Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - o Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - o Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.

- Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de “tijera” entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

5.1.2.4 Equipos de trabajo y medios de protección

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

5.1.2.5 Información, consulta y participación de los trabajadores

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

5.1.2.6 Formación de los trabajadores

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

5.1.2.7 Medidas de emergencia

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

5.1.2.8 Riesgo grave e inminente

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su

trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

5.1.2.9 Vigilancia de la salud

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

5.1.2.10 Documentación

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

5.1.2.11 Coordinación de actividades empresariales

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

5.1.2.12 Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

5.1.2.13 Protección de la maternidad

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

5.1.2.14 Protección de los menores

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza,

el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

5.1.2.15 Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

5.1.2.16 Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

5.1.3 SERVICIOS DE PREVENCIÓN

5.1.3.1 Protección y prevención de riesgos profesionales

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

5.1.3.2 Servicios de prevención

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

5.1.4 CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

5.1.4.1 Consulta de los trabajadores

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

5.1.4.2 Derechos de participación y representación

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

5.1.4.3 Delegados de prevención

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

5.2 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO

5.2.1 INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo*, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **486/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo**, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

5.2.2 OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

5.2.2.1 Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m² por trabajador, un volumen mayor a 10 m³ por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparataje eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

5.2.2.2 Orden, limpieza, mantenimiento y señalización

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

5.2.2.3 Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un

riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 - o Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 - o Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
 - o Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m³ en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

5.2.2.4 Iluminación

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Areas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Areas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

5.2.2.5 Servicios higiénicos y locales de descanso

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

5.2.2.6 Material y locales de primeros auxilios

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

5.3 DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN Y SALUD EN EL TRABAJO

5.3.1 INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

5.3.2 OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

5.4 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

5.4.1 INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

5.4.2 OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

5.4.2.1 Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

5.4.2.2 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

5.4.2.3 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

5.4.2.4 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hincar, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados “silenciosos” en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antiruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

5.4.2.5 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

5.5 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

5.5.1 INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento**.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un **estudio básico de seguridad y salud**. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

5.5.2 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

5.5.2.1 Objeto

Dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Asimismo es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

5.5.2.2 Características de la obra

5.5.2.2.1 Descripción de la obra y situación

La situación de la obra a realizar y la descripción de la misma se recoge en la Memoria del presente proyecto.

5.5.2.2.2 Suministro de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

5.5.2.2.3 Suministro de agua potable

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

5.5.2.2.4 Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

5.5.2.2.5 Interferencias y servicios afectados

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

5.5.2.2.6 Formación en materia e prevención y primeros auxilios

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

Se dispondrá también de un botiquín de obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

5.5.2.3 Memoria de los centros de transformación

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas dentro de los apartados de obra civil y montaje.

5.5.2.3.1 Obra civil

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención.

Movimiento de tierras y cimentaciones

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas a las zanjas.
- Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.

- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.
- b) Medidas de preventivas
 - Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
 - Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
 - Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
 - Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
 - Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
 - Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
 - Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
 - Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
 - Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
 - Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
 - Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

Estructura

- a) Riesgos más frecuentes
 - Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
 - Cortes en las manos.
 - Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
 - Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
 - Golpes en las manos, pies y cabeza.
 - Electrocuaciones por contacto indirecto.
 - Caídas al mismo nivel.
 - Quemaduras químicas producidas por el cemento.
 - Sobreesfuerzos.
- b) Medidas preventivas
 - Emplear bolsas porta-herramientas.
 - Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
 - Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
 - Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.
 - Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
 - Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
 - Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
 - El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
 - Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.
 - Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
 - Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Cerramientos

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas-suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Los derivados del uso de medios auxiliares. (andamios, escaleras, etc.).

b) Medidas de prevención

- Señalizar las zonas de trabajo.
- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Albaliñería

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafríos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

b) Medidas de prevención

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

5.5.2.3.2 Montaje

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y de protección.

Colocación de soportes y embarrados

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.
- Contacto eléctrico indirecto.

b) Medidas de prevención

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.

- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

B.T. Montaje de Celdas Prefabricadas o apartamenta, Transformadores de potencia y Cuadros de

a) Riesgos más frecuentes

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

b) Medidas de prevención

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.
- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
 - Cables, poleas y tambores
 - Mandos y sistemas de parada.
 - Limitadores de carga y finales de carrera.
 - Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

Operaciones de puesta en tensión

a) Riesgos más frecuentes

- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

b) Medidas de prevención

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.

- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

5.5.2.4 Medidas preventivas de carácter general en obras de construcción

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

5.5.2.5 Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zavorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjás, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Encofrados

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenos o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

Montaje de estructura metálica

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilera.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

Cubiertas

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

Alicatados

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

Enfoscados y enlucidos

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

Carpintería de madera, metálica y cerrajería

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

Montaje de vidrio

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

Pintura y barnizados

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

Instalación eléctrica provisional de obra

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

Instalación de antenas y pararrayos

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

5.5.2.6 Normativa aplicable

Las normas oficiales son las siguientes:

- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de noviembre.
- Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Decreto 2.65/1974 de 30 de mayo.

- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- R.D.39/1997 de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. Lugares de Trabajo.
- R.D. Equipos de Trabajo.
- R.D. Protección Individual.
- R.D. Señalización de Seguridad.
- O.G.S.H.T. Título II, Capítulo VI.

5.5.3 DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

5.6 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD ELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

5.6.1 INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las **normas de desarrollo reglamentario** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.6.2 OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

5.6.2.1 Protectores de la cabeza

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.6.2.2 Protectores de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

5.6.2.3 Protectores de pies y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

5.6.2.4 Protectores del cuerpo

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

CONCLUSIÓN

6 CONCLUSIÓN

Como ya se ha explicado sucesivamente en la presente Memoria, el objetivo de este proyecto es citar y justificar las instalaciones tanto de Media Tensión como de Baja Tensión que son necesarias para cubrir las necesidades hídricas con el trazado planteado en las condiciones de caudal especificadas en el capítulo de los “Cálculos hidráulicos”.

Ciertamente estas condiciones de caudal están pensadas para un caso muy desfavorable de demanda, que raramente se va a cumplir, pero que a su vez prepara a toda la instalación a riego para una próxima futura ampliación, prevista para dentro de unos pocos años.

Lo que se hace en el presente proyecto es establecer las bases para el Concurso Público para conocimiento de las empresas que estén interesadas en esta obra. Las obras a realizar que estarán incluidas en este Concurso son las que se señalan en la presente Memoria. No estarán incluidas en este Concurso las obras referentes a la instalación de las tuberías a lo largo del trazado, ni la construcción de la Balsa de Regulación, ni la construcción de las líneas aéreas para alimentar los Centros de Transformación, aunque si se ha citado en esta Memoria algunas características que tienen que tener estas líneas.

9 de Mayo del 2012, Zaragoza

Alumno: Ricardo Balaguer Tarragó

PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN EN REGADIO DE LA “VALL DE LA FIGUERA” DE FABARA



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL
- ZARAGOZA -

JUNIO 2012

Autor: Ricardo Balaguer Tarragó
Director: Ángel Santillán Lázaro
Especialidad de ELECTRICIDAD
PROYECTO DE FINAL DE CARRERA

DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES**ÍNDICE**

1	CONDICIONES FACULTATIVAS	5
1.1	TÉCNICO DIRECTOR DE OBRA	5
1.2	CONSTRUCTOR O INSTALADOR.....	5
1.3	VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO	6
1.4	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	6
1.5	PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR O INSTALADOR EN LA OBRA.....	6
1.6	TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE	6
1.7	INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO	7
1.8	RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.....	7
1.9	FALTAS DE PERSONAL	7
1.10	CAMINOS Y ACCESOS	7
1.11	REPLANTEO	8
1.12	COMIENZO DE LA OBRA, RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	8
1.13	ORDEN DE LOS TRABAJOS	8
1.14	FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS	8
1.15	AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR.....	8
1.16	PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR	8
1.17	RESPONSABILIDAD EN LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA	9
1.18	CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	9
1.19	OBRAS OCULTAS.....	9
1.20	TRABAJOS DEFECTUOSOS	9
1.21	VICIOS OCULTOS.....	9

1.22	DE LOS MATERIALES Y LOS APARATOS, SU PROCEDENCIA	10
1.23	MATERIALES NO UTILIZABLES.....	10
1.24	GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS.....	10
1.25	LIMPIEZA DE LAS OBRAS.....	10
1.26	DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA.....	10
1.27	PLAZO DE GARANTÍA	10
1.28	CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE	11
1.29	DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	11
1.30	PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA.....	11
1.31	DE LAS RECEPCIONES DE TRABAJO CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA.....	11
2	CONDICIONES ECONÓMICAS.....	12
2.1	COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS	12
2.2	PRECIO DE CONTRATA, IMPORTE DE CONTRATA	13
2.3	PRECIOS CONTRADICTORIOS	13
2.4	RECLAMACIONES DE AUMENTOS DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS	13
2.5	DE LA REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS.....	13
2.6	ACOPIO DE MATERIALES.....	13
2.7	RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR O TRABAJADOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS TRABAJADORES	14
2.8	RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES.....	14
2.9	MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS	14
2.10	ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA.....	15
2.11	PAGOS	15
2.12	IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS	15
2.13	DEMORA DE LOS PAGOS.....	15
2.14	MEJORAS Y AUMENTOS DE OBRA, CASOS CONTRARIOS	15

2.15	UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS PERO ACEPTABLES	16
2.16	SEGURO DE LAS OBRAS	16
2.17	CONSERVACIÓN DE LA OBRA.....	16
2.18	USO POR EL CONTRATISTA DEL EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO	17
3	CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	18
3.1	CALIDAD DE LOS MATERIALES	18
3.1.1	Obra civil	18
3.1.2	Aparamenta de Media Tensión	18
3.1.3	Transformadores de potencia	18
3.1.4	Equipos de medida	19
3.2	MANIOBRAS EN EL CENTRO DE TRNASFORMACIÓN.....	19
3.3	Normas de ejecución de las instalaciones.....	19
3.4	Pruebas reglamentarias	19
3.5	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	19
4	Condiciones Técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión.....	21
4.1	CONDICIONES GENERALES	21
4.2	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.....	21
4.2.1	Conductores aislados bajo tubos protectores.....	21
4.2.1.1	Tubos en canalizaciones fijas en superficie	22
4.2.1.2	Tubos en canalizaciones empotradas	22
4.2.1.3	Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.....	24
4.2.1.4	Tubos en canalizaciones enterradas.....	24
4.2.2	Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes	27
4.2.3	Conductores aislados enterrados	27
4.2.4	Conductores aislados directamente empotrados en estructuras	27
4.2.5	Conductores aislados en el interior de la construcción	27
4.2.6	Conductores aislados bajo canales protectoras	28
4.2.7	Conductores aislados bajo molduras	29
4.2.8	Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas.....	30
4.2.9	Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas	30

4.2.10 Accesibilidad a las instalaciones	30
4.3 CONDUCTORES	31
4.3.1 Materiales	31
4.3.2 Dimensionado	31
4.3.3 Identificación de las instalaciones	32
4.3.4 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica	32
4.4 CAJAS DE EMPALME	33
4.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE	33
4.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN	33
4.6.1 Cuadros eléctricos.....	33
4.6.2 Interruptores automáticos	34
4.6.3 Guardamotores	35
4.6.4 Fusibles	35
4.6.5 Interruptores diferenciales.....	35
4.6.6 Seccionadores	37
4.6.7 Embarrados.....	37
4.6.8 Prensaestopas y etiquetas.....	37
4.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO	37
4.8 RECEPTORES A MOTOR.....	38
4.9 PUESTA A TIERRA	40
4.9.1 Uniones a tierra.....	41
4.9.1.1 Tomas de tierra	41
4.9.1.2 Conductores de tierra.....	41
4.9.1.3 Bornes de puesta a tierra	41
4.9.1.4 Conductores de protección.....	42
4.10 INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA	42
4.11 CONTROL	43
4.12 SEGURIDAD.....	43
4.13 LIMPIEZA	44
4.14 MANTENIMIENTO	44
4.15 CRITERIOS DE MEDICIÓN.....	44

PLIEGO DE CONDICIONES

1 CONDICIONES FACULTATIVAS

1.1 TÉCNICO DIRECTOR DE OBRA

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

1.2 CONSTRUCTOR O INSTALADOR

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta del replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los

suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

1.3 VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

1.4 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

El Constructor o Instalador, a la vista del Proyecto, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

1.5 PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR O INSTALADOR EN LA OBRA

El Constructor o Instalador viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Técnico para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

1.6 TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

1.7 INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor o Instalador estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor o Instalador, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor o Instalador, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor o Instalador podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

1.8 RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamaciones.

1.9 FALTAS DE PERSONAL

El Técnico Director, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

1.10 CAMINOS Y ACCESOS

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

1.11 REPLANTEO

El Constructor o Instalador iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Técnico Director y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Técnico, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

1.12 COMIENZO DE LA OBRA, RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El Constructor o Instalador dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Técnico Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

1.13 ORDEN DE LOS TRABAJOS

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

1.14 FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.15 AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor o Instalador está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

1.16 PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.17 RESPONSABILIDAD EN LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

1.18 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

1.19 OBRAS OCULTAS

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

1.20 TRABAJOS DEFECTUOSOS

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica" del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

1.21 VICIOS OCULTOS

Si el Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se observen serán de cuenta del Constructor o Instalador, siempre que los vicios existan realmente.

1.22 DE LOS MATERIALES Y LOS APARATOS, SU PROCEDENCIA

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.23 MATERIALES NO UTILIZABLES

El Constructor o Instalador, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Técnico.

1.24 GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

1.25 LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

1.26 DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos público competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

1.27 PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se

produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

1.28 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

1.29 DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor o Instalador de reparar a su cargo aquéllos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

1.30 PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Constructor o Instalador los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

1.31 DE LAS RECEPCIONES DE TRABAJO CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

2 CONDICIONES ECONÓMICAS

2.1 COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán Gastos Generales:

- Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece un 13 por 100).

Beneficio Industrial:

- El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución Material:

- Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de Contrata:

- El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.
- El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

2.2 PRECIO DE CONTRATA, IMPORTE DE CONTRATA

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 13% y el beneficio se estima normalmente en 6 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

2.3 PRECIOS CONTRADICTORIOS

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

2.4 RECLAMACIONES DE AUMENTOS DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

2.5 DE LA REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al cinco por ciento (5 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 5 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

2.6 ACOPIO DE MATERIALES

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

2.7 RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR O TRABAJADOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS TRABAJADORES

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Técnico Director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor o Instalador, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Técnico Director.

Si hecha esta notificación al Constructor o Instalador, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

2.8 RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Técnico.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente a cada unidad de la obra y a los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente "Pliego General de Condiciones Económicas", respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Técnico los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Técnico Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Técnico Director en la forma prevenida de los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Técnico Director la certificación de las obras ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

2.9 MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más

que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

2.10 ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole económica", vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- a) Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Técnico Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

2.11 PAGOS

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

2.12 IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (o/oo) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

2.13 DEMORA DE LOS PAGOS

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

2.14 MEJORAS Y AUMENTOS DE OBRA, CASOS CONTRARIOS

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

2.15 UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS PERO ACEPTABLES

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Técnico Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

2.16 SEGURO DE LAS OBRAS

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

2.17 CONSERVACIÓN DE LA OBRA

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Técnico Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

2.18 USO POR EL CONTRATISTA DEL EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

3 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

3.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES

3.1.1 Obra civil

La(s) envolvente(s) empleada(s) en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

3.1.2 Aparamenta de Media Tensión

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- Aislamiento: El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas.

Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.
- Corte: El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación externa. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

3.1.3 Transformadores de potencia

El transformador o transformadores instalados en este Centro de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

3.1.4 Equipos de medida

Este centro incorpora los dispositivos necesitados para la medida de energía al ser de abonado, por lo que se instalarán en el centro los equipos con características correspondientes al tipo de medida prescrito por la compañía suministradora.

Los equipos empleados corresponderán exactamente con las características indicadas en la Memoria tanto para los equipos montados en la celda de medida (transformadores de tensión e intensidad) como para los montados en la caja de contadores (contadores, regleta de verificación...).

3.2 MANIOBRAS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación se conectará la apartamta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

Separación de servicio

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

Mantenimiento

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su apartamta interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

3.3 Normas de ejecución de las instalaciones

Todos los materiales, aparatos, máquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

3.4 Pruebas reglamentarias

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

3.5 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

El centro deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

En el interior del centro no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Pliego de condiciones

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc.

4 Condiciones Técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión

4.1 CONDICIONES GENERALES

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

4.2 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

4.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- o UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- o UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- o UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- o UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

4.2.1.1 Tubos en canalizaciones fijas en superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación:

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	4	Fuerte
- Resistencia al impacto	3	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
- Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
- Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

4.2.1.2 Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

1º/ Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u> Pliego de condiciones
- Resistencia a la compresión	2	Ligera
- Resistencia al impacto	2	Ligera
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
- Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

2º/ Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	3	Media
- Resistencia al impacto	3	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+ 90 °C (+ 60 °C canal. precabl. ordinarias)
- Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
- Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción	0	No declarada

		Pliego de condiciones
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

4.2.1.3 Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas a continuación:

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	4	Fuerte
- Resistencia al impacto	3	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
- Resistencia al curvado	4	Flexible
- Propiedades eléctricas	1/2	Continuidad/aislado
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción	2	Ligera
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

4.2.1.4 Tubos en canalizaciones enterradas

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
- Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
- Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
- Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA

		Pliego de condiciones
- Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:

- NA: No aplicable.

- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

4.2.2 Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los
- cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

4.2.3 Conductores aislados enterrados

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

4.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

4.2.5 Conductores aislados en el interior de la construcción

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

4.2.6 Conductores aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

<u>Característica</u>	<u>Grado</u>	
<u>Dimensión del lado mayor de la sección transversal</u>	<u>$\leq 16 \text{ mm}$</u>	<u>$> 16 \text{ mm}$</u>
- Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C
- Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante

- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
- Resistencia a la penetración de agua		No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama		No propagador

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 501085.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

4.2.7 Conductores aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm² serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.

- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

4.2.8 Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

4.2.9 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

4.2.10 Accesibilidad a las instalaciones

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

4.3 CONDUCTORES

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

4.3.1 Materiales

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre.
 - Formación: unipolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
 - Tensión de prueba: 2.500 V.
 - Instalación: bajo tubo.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.031.
- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
 - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
 - Tensión de prueba: 4.000 V.
 - Instalación: al aire o en bandeja.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

4.3.2 Dimensionado

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de

utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

4.3.3 Identificación de las instalaciones

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

4.3.4 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

<u>Tensión nominal instalación</u>	<u>Tensión ensayo corriente continua (V)</u>	<u>Resistencia de aislamiento</u> <u>(MΩ)</u>
MBTS o MBTP	250	≥ 0,25
≤ 500 V	500	≥ 0,50
> 500 V	1000	≥ 1,00

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

4.4 CAJAS DE EMPALME

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratueras y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

4.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

4.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN

4.6.1 Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la

humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

4.6.2 Interruptores automáticos

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

4.6.3 Guardamotores

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

4.6.4 Fusibles

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

4.6.5 Interruptores diferenciales

1º La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza

Ricardo Balaguer Tarragó

aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

4.6.6 Seccionadores

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

4.6.7 Embarrados

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

4.6.8 Prensaestopas y etiquetas

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresas al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

4.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envoltentes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

4.8 RECEPTORES A MOTOR

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

Más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).

- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superiores a 1,5 megahomios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.

4.9 PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

4.9.1 Uniones a tierra

4.9.1.1 Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

4.9.1.2 Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

<u>Tipo</u>	<u>Protegido mecánicamente</u>	<u>No protegido mecánicamente</u>
Protegido contra la corrosión	Igual a conductores protección apdo. 7.7.1	16 mm ² Cu 16 mm ² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm ² Cu 50 mm ² Hierro	25 mm ² Cu 50 mm ² Hierro

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

4.9.1.3 Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.

- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

4.9.1.4 Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm²)</u>	<u>Sección conductores protección (mm²)</u>
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- o conductores en los cables multiconductores, o
- o conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- o conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

4.10 INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA

La aparamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.

- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

4.11 CONTROL

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

4.12 SEGURIDAD

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

4.13 LIMPIEZA

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

4.14 MANTENIMIENTO

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

4.15 CRITERIOS DE MEDICIÓN

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

9 de Mayo del 2012, Zaragoza

Alumno: Ricardo Balaguer Tarragó

PRESUPUESTO

PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN EN REGADIO DE LA “VALL DE LA FIGUERA” DE FABARA



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL
- ZARAGOZA -

JUNIO 2012

Autor: Ricardo Balaguer Tarragó
Director: Ángel Santillán Lázaro
Especialidad de ELECTRICIDAD
PROYECTO DE FINAL DE CARRERA

DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO**ÍNDICE**

1	PRESUPUESTO DE LAS ACOMETIDAS AÉREO-SUBTERRÁNEAS DE M.T. Y DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	3
1.1	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1: C.T. de la estación de rebombeo general	3
1.1.1	Presupuesto unitario de la acometida subterránea.....	3
1.1.1.1	<i>Obra civil y aparamenta</i>	3
1.1.1.2	<i>Sistema de puesta a tierra</i>	3
1.1.2	Presupuesto total de la acometida subterránea	4
1.1.3	Presupuesto unitario del centro de transformación.....	4
1.1.3.1	<i>Obra civil</i>	4
1.1.3.2	<i>Equipos de Media Tensión.....</i>	4
1.1.3.3	<i>Equipo de potencia.....</i>	6
1.1.3.4	<i>Equipo de Baja Tensión</i>	6
1.1.3.5	<i>Sistema de puesta a tierra</i>	7
1.1.3.6	<i>Varios</i>	8
1.1.4	Presupuesto total del centro de transformación	8
1.2	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2: C.T. de la estación de rebombeo de la balsa general.....	9
1.2.1	Presupuesto unitario de la acometida subterránea.....	9
1.2.1.1	<i>Obra civil y aparamenta</i>	9
1.2.1.2	<i>Sistema de puesta a tierra</i>	9
1.2.2	Presupuesto total de la acometida subterránea	10
1.2.3	Presupuesto unitario del centro de transformación.....	10
1.2.3.1	<i>Obra civil</i>	10
1.2.3.2	<i>Equipos de Media Tensión.....</i>	10
1.2.3.3	<i>Equipo de potencia.....</i>	12
1.2.3.4	<i>Equipo de Baja Tensión</i>	12
1.2.3.5	<i>Sistema de puesta a tierra</i>	13
1.2.3.6	<i>Varios</i>	14
1.2.4	Presupuesto total del centro de transformación	14
1.3	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3: C.T. de intemperie de la est. de rebombeo de la tubería TI-9	15

1.3.1	Presupuesto unitario del centro de transformación.....	15
1.3.1.1	<i>Obra civil</i>	15
1.3.1.2	<i>Aparamenta de Media Tensión</i>	15
1.3.1.3	<i>Equipo de potencia.....</i>	15
1.3.1.4	<i>Aparamenta de Baja Tensión.....</i>	16
1.3.1.5	<i>Sistema de puesta a tierra</i>	16
1.3.2	Presupuesto total del centro de transformación	17
2	PRESUPUESTO DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO.....	17
2.1	ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL	17
2.2	ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa General....	19
2.3	ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9	21
3	PRESUPUESTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO	22
3.1	ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL	22
3.2	ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa General....	23
3.3	ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9	23

PRESUPUESTO

1 PRESUPUESTO DE LAS ACOMETIDAS AÉREO-SUBTERRÁNEAS DE M.T. Y DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

1.1 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1: C.T. de la estación de rebombeo general

1.1.1 Presupuesto unitario de la acometida subterránea

1.1.1.1 Obra civil y aparamenta

1	Apoyo metálico C14/2000 para conversión aéreo subterráneo con cruceta de hierro galvanizado, cadenas de amarre de aisladores EU40, excavación, cimentación, seccionador 630 A 24 kV, bases c/c + fusibles 630 A 24 kV calibre 125 A 25 kA, autoválvulas 18 kV 10kA, botellas terminales y tubo metálico de protección para cable seco 12/20 kV para línea subterránea, totalmente terminado.	4325.59 €
1	Tendido por canalización subterránea de cable seco campo radial Vo/V-12/20 kV de 3x1x95 mm ² Al DZH1, con p.p. de empalmes, totalmente instalado y comprobado.	75.25 €
Total importe obra civil y aparamenta		4400.84 €

1.1.1.2 Sistema de puesta a tierra

1	<p>Puesta a tierra para herrajes y masas formada por la línea de tierra que es el cable de cobre desnudo de 50 mm² que une los herrajes y elementos que deben quedar puestos a tierra; y el electrodo de puesta a tierra que estará constituido de picas de acero cobreado unidas formando un anillo alrededor del apoyo.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Anillo rectangular • Profundidad: 0.8 m • Número de picas: 8 • Longitud de picas: 4 m • Dimensiones el rectángulo: 6x6 m <p>Se incluye el montaje y la instalación.</p>	538.01 €
Total importe sistema de puesta a tierra		538.01 €

1.1.2 Presupuesto total de la acometida subterránea

Total importe obra civil y aparamenta	4400.84 €
Total importe sistema de puesta a tierra	538.01 €
 Neto del presupuesto completo	 4938.85 €
 0.06% de imprevistos	 296.33 €
 TOTAL PRESUPUESTO	 5235.18 €

1.1.3 Presupuesto unitario del centro de transformación

1.1.3.1 Obra civil

1	Edificio de transformación: <i>PF-302</i>	
	Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo PF-302, de dimensiones generales aproximadas 4880 mm de largo por 2620 mm de fondo por 3600 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según RU-1303A, transporte, montaje y accesorios.	11878.8 €
	 Total importe obra civil	 11878.8 €

1.1.3.2 Equipos de Media Tensión

1	Celda Entrada / Salida: <i>CGMcosmos L-24</i>	
	Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, que permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortas la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las 3 bornas de los cables de MT. Fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Un: 24 kV • In: 630 A • I corta duración (1 seg.), eficaz / cresta: 21 kA / 52.5 kA • Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm • Mando: motorizado tipo BM 	
	El orden de las dimensiones de aquí en adelante va a ser: ancho / fondo / alto. Se incluyen el montaje y conexión.	
		4053.6 €

1	Celda Protección General: CGMcosmos V-24	15668.4 €
<p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, que incluye un interruptor automático de corte en vacío y un seccionador de 3 posiciones en serie con él. Fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un: 24 kV • In: 630 A • Icc, eficaz / cresta: 20 kA / 52.5 kA • Dimensiones: 480 mm / 850 mm / 1740 mm • Mando (automático): manual RAV <p>Se incluyen el montaje y conexión.</p>		
1	Celda Medida: CGMcosmos M-24	6855.6 €
<p>Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los aparatos y materiales adecuados, fabricados por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un: 24 kV • Dimensiones: 800 mm / 1025 mm / 1740 mm <p>Se incluyen en las celdas 3 transformadores de tensión y 3 transformadores de intensidad, para la medición de la energía eléctrica consumida, con las características detalladas en la Memoria. Se incluye el montaje y conexión.</p>		
1	Celda Seccionamiento Cliente: CGMcosmos IP-24	2853.6 €
<p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, que dispone de un interruptor en el embarrado de la celda, con objeto de permitir la interrupción en carga (separación en 2 partes) del embarrado principal del Centro de Transformación. Fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un: 24 kV • In: 630 A • I corta duración (1 seg.), eficaz / cresta: 21 kA / 52.5 kA • Dimensiones: 415 mm / 735 mm / 1740 mm <p>Se incluye el montaje y conexión.</p>		
1	Puente MT-Transformador 1: Cables MT 12/20 kV	958.8 €
<p>Cables MT del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al. La terminación del transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK. En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K-152.</p>		
Total importe aparamenta de MT		30390 €

1.1.3.3 Equipo de potencia

1	Transformador 1: <i>Transformador seco 24 kV</i>	
	Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 1600 kVA y refrigeración natural seco, de tensión primaria 15 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de cortocircuito de 6% y regulación primaria de +/- 5%, +/- 10%. Se incluye la colocación y la conexión.	32409.6 €
	Total importe equipos de potencia	32409.6 €

1.1.3.4 Equipo de Baja Tensión

1	Cuadros BT-B2 Transformador 1: <i>Interruptor automático BT</i>	
	Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación (contando tanto con el módulo de acometida tipo AC4 y el módulo de ampliación AM2) con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Interruptor automático de 2500 A • 8 salidas formadas por bases portafusibles de 630 A • Tensión nominal 440 V • Nivel de aislamiento a frecuencia industrial (1 min.): 10 kV • Dimensiones: 1020 mm / 300 mm / 900 mm 	15649.2 €
	Se incluye el montaje y la conexión.	
1	Puente Transformador-Cuadro BT: <i>Puente BT-B2 Transformador1</i>	
	Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Cu (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 3xneutro de 3 m de longitud. Se incluye la conexión.	540 €
1	Equipo de Medida de Energía: <i>Equipo de medida</i>	
	Contador tarificador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación. Se incluye el montaje y la conexión.	3615.6 €
	Total importe equipos de BT	19804.8 €

1.1.3.5 Sistema de puesta a tierra

INSTALACIONES DE TIERRAS EXTERIORES	
1	<p>Tierras Exteriores Protección Transformación: Anillo rectangular</p> <p>Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Anillo rectangular • Profundidad: 0.8 m • Número de picas: 8 • Longitud de picas: 4 m • Dimensiones el rectángulo: 6x6 m <p>Se incluye el montaje y la instalación.</p> <p style="text-align: right;">538.01 €</p>
1	<p>Tierras Exteriores Servicio Transformación: Picas alineadas</p> <p>Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Picas alineadas • Profundidad: 0.5 m • Número de picas: 4 • Longitud de picas: 4 m • Distancia entre picas: 9 m <p>Se incluye el montaje y la instalación.</p> <p style="text-align: right;">205.5 €</p>
INSTALACIÓN DE TIERRAS INTERIORES	
1	<p>Tierras Interiores Protección Transformación: Instalación interior tierras</p> <p>Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás apartada de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora. Se incluye el montaje y la instalación.</p> <p style="text-align: right;">65.6 €</p>
1	<p>Tierras Interiores Servicio Transformación: Instalación interior tierras</p> <p>Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora. Se incluye el montaje y la instalación.</p> <p style="text-align: right;">65.6 €</p>

	Presupuesto
Total importe sistemas de tierra	874.71 €

1.1.3.6 Varios

1	Defensa de Transformador 1: <i>Protección física transformador</i>	
	Protección metálica para defensa del transformador.	169.8 €
1	Iluminación y tomas de corriente en el Centro de Transformación	
	Armario modular de superficie 200x184x94 con puerta plena para el cuadro general de mando y protección del centro de transformación constituido por 1 interruptor magnetotérmico 4x63 A 50 kA, 1 interruptor magnetotérmico 4x50 A 50 kA, 1 diferencial 2x40 A 30mA, 1 interruptor magnetotérmico 2x16 A 50 kA, 2 interruptores magnetotérmicos 2x10 A 50 kA. También se incluye dentro de este apartado 2 aparatos de emergencia fluorescente 450 lum, señalización no permanente con 1 hora de autonomía, con baterías herméticas recargables, alimentación a 220 V, cumpliendo las normativas 60598-2-22 y 20392-93; y 1 luminaria de superficie 2x36 W con protección IP 20 clase I, equipo eléctrico formado por reactancia, condensador, portalámparas, cebador, lámpara fluorescente estándar y bornes de conexión; 2 tomas de corriente monofásicas de 16 A; replanteo, tubo y conductores desde cuadro, montaje, pequeño material y conexionado, completamente instalado y comprobado.	1422.26 €
1	Maniobra de Transformación: <i>Equipo de seguridad y maniobra</i>	
	Equipo de protección que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> • Banquillo aislante • Par de guantes de amianto • Extintor de eficacia 89B • Una palanca de accionamiento • Armario de primeros auxilios 	268 €
	Total importe de varios	1860.06 €

1.1.4 Presupuesto total del centro de transformación

Total importe obra civil	11878.8 €
Total importe aparamenta de MT	30390 €
Total importe equipos de potencia	32409.6 €
Total importe equipos de BT	19804.8 €
Total importe sistema de tierras	874.71 €

	Presupuesto
Total importe de varios	1860.06 €
Neto del presupuesto completo	97217.97 €
0.06% de imprevistos	5833.08 €
TOTAL PRESUPUESTO	103051.05 €

1.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2: C.T. de la estación de rebombeo de la balsa general

1.2.1 Presupuesto unitario de la acometida subterránea

1.2.1.1 Obra civil y aparamenta

1	Apoyo metálico C14/2000 para conversión aéreo subterráneo con cruceta de hierro galvanizado, cadenas de amarre de aisladores EU40, excavación, cimentación, seccionador 630 A 24 kV, autoválvulas 18 kV 10kA, botellas terminales y tubo metálico de protección para cable seco 12/20 kV para línea subterránea, totalmente terminado.	3965.59 €
1	Tendido por canalización subterránea de cable seco campo radial Vo/V-12/20 kV de 3x1x95 mm² Al DZH1, con p.p. de empalmes, totalmente instalado y comprobado.	75.25 €
Total importe obra civil y aparamenta		4040.84 €

1.2.1.2 Sistema de puesta a tierra

1	<p>Puesta a tierra para herrajes y masas formada por la línea de tierra que es el cable de cobre desnudo de 50 mm² que une los herrajes y elementos que deben quedar puestos a tierra; y el electrodo de puesta a tierra que estará constituido de picas de acero cobreado unidas formando un anillo alrededor del apoyo.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Anillo rectangular • Profundidad: 0.8 m • Número de picas: 8 • Longitud de picas: 4 m • Dimensiones el rectángulo: 6x6 m <p>Se incluye el montaje y la instalación.</p>	538.01 €
----------	--	-----------------

Total importe sistema de puesta a tierra	538.01 €
---	-----------------

1.2.2 Presupuesto total de la acometida subterránea

Total importe obra civil y apartamentada	4040.84 €
Total importe sistema de puesta a tierra	538.01 €
Neto del presupuesto completo	4575.85 €
0.06% de imprevistos	274.73 €
TOTAL PRESUPUESTO	4850.58 €

1.2.3 Presupuesto unitario del centro de transformación

1.2.3.1 Obra civil

1	Edificio de transformación: <i>PFU-4/20</i>	
	Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo PFU-4/20, de dimensiones generales aproximadas 4880 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según RU-1303A, transporte, montaje y accesorios.	6576 €
	Total importe obra civil	6576 €

1.2.3.2 Equipos de Media Tensión

1	Celda Entrada / Salida: <i>CGMcosmos L-24</i>	
	Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, que permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las 3 bornas de los cables de MT. Fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Un: 24 kV • In: 400 A • I corta duración (1 seg.), eficaz / cresta: 21 kA / 52.5 kA • Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm 	

- Mando: motorizado tipo BM

El orden de las dimensiones de aquí en adelante va a ser: ancho / fondo / alto. Se incluyen el montaje y conexión.

3308 €

1 Celda Protección General: **CGMcosmos V-24**

Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, que incluye un interruptor automático de corte en vacío y un seccionador de 3 posiciones en serie con él. Fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:

- Un: 24 kV
- In: 400 A
- Icc, eficaz / cresta: 20 kA / 52.5 kA
- Dimensiones: 480 mm / 850 mm / 1740 mm
- Mando (automático): manual RAV

Se incluyen el montaje y conexión.

12793.6 €

1 Celda Medida: **CGMcosmos M-24**

Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexicionados los aparatos y materiales adecuados, fabricados por ORMAZABAL con las siguientes características:

- Un: 24 kV
- Dimensiones: 800 mm / 1025 mm / 1740 mm

Se incluyen en las celdas 3 transformadores de tensión y 3 transformadores de intensidad, para la medición de la energía eléctrica consumida, con las características detalladas en la Memoria. Se incluye el montaje y conexión.

5713.2 €

1 Celda Seccionamiento Cliente: **CGMcosmos IP-24**

Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, que dispone de un interruptor en el embarrado de la celda, con objeto de permitir la interrupción en carga (separación en 2 partes) del embarrado principal del Centro de Transformación. Fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:

- **Un: 24 kV**
- **In: 400 A**
- I corta duración (1 seg.), eficaz / cresta: 21 kA / 52.5 kA
- Dimensiones: 415 mm / 735 mm / 1740 mm

Se incluye el montaje y conexión.

2369.6 €

1 Puente MT-Transformador 1: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al. La terminación del transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK. En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K-152.

958.8 €

Total importe aparamenta de MT**25143.2 €****1.2.3.3 Equipo de potencia****1 Transformador 1: *Transformador seco 24 kV***

Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 500 kVA y refrigeración natural seco, de tensión primaria 15 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de cortocircuito de 6% y regulación primaria de +/- 5%, +/- 10%. Se incluye la colocación y la conexión.

12418.8 €**Total importe equipos de potencia****12418.8 €****1.2.3.4 Equipo de Baja Tensión****1 Cuadros BT-B2 Transformador 1: *Interruptor automático BT***

Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación (contando tanto con el módulo de acometida tipo AC4 y el módulo de ampliación AM2) con las siguientes características:

- Interruptor automático de 630 A
- 6 salidas formadas por bases portafusibles de 630 A
- Tensión nominal 440 V
- Nivel de aislamiento a frecuencia industrial (1 min.): 10 kV
- Dimensiones: 765 mm / 300 mm / 900 mm

Se incluye el montaje y la conexión.

5526 €**1 Puente Transformador-Cuadro BT: *Puente BT-B2 Transformador1***

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Cu (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro de 3 m de longitud. Se incluye la conexión.

466.8 €**1 Equipo de Medida de Energía: *Equipo de medida***

Contador tarificador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación. Se incluye el montaje y la conexión.

2970 €**Total importe equipos de BT****8962.8 €**

1.2.3.5 Sistema de puesta a tierra

	INSTALACIONES DE TIERRAS EXTERIORES	
1	<p>Tierras Exteriores Protección Transformación: Anillo rectangular</p> <p>Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Anillo rectangular • Profundidad: 0.8 m • Número de picas: 8 • Longitud de picas: 4 m • Dimensiones el rectángulo: 6x6 m <p>Se incluye el montaje y la instalación.</p>	538.01 €
1	<p>Tierras Exteriores Servicio Transformación: Picas alineadas</p> <p>Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Picas alineadas • Profundidad: 0.5 m • Número de picas: 4 • Longitud de picas: 4 m • Distancia entre picas: 9 m <p>Se incluye el montaje y la instalación.</p>	230.66 €
	INSTALACIÓN DE TIERRAS INTERIORES	
1	<p>Tierras Interiores Protección Transformación: Instalación interior tierras</p> <p>Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás apartamente de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora. Se incluye el montaje y la instalación.</p>	65.6 €
1	<p>Tierras Interiores Servicio Transformación: Instalación interior tierras</p> <p>Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora. Se incluye el montaje y la instalación.</p>	65.6 €

Total importe sistemas de tierra**899.87 €****1.2.3.6 Varios****1 Defensa de Transformador 1: *Protección física transformador***

Protección metálica para defensa del transformador.

169.8 €**1 Iluminación y tomas de corriente en el Centro de Transformación**

Armario modular de superficie 200x184x94 con puerta plena para el cuadro general de mando y protección del centro de transformación constituido por 1 interruptor magnetotérmico 4x50 A 50 kA, 1 interruptor magnetotérmico 4x40 A 25 kA, 1 diferencial 2x40 A 30mA, 1 interruptor magnetotérmico 2x16 A 50 kA, 2 interruptores magnetotérmicos 2x10 A 50 kA. También se incluye dentro de este apartado 2 aparatos de emergencia fluorescente 450 lum, señalización no permanente con 1 hora de autonomía, con baterías herméticas recargables, alimentación a 220 V, cumpliendo las normativas 60598-2-22 y 20392-93; y 1 luminaria de superficie 2x36 W con protección IP 20 clase I, equipo eléctrico formado por reactancia, condensador, portalámparas, cebador, lámpara fluorescente estándar y bornes de conexión; 2 tomas de corriente monofásicas de 16 A; replanteo, tubo y conductores desde cuadro, montaje, pequeño material y conexionado, completamente instalado y comprobado.

1256.27 €**1 Maniobra de Transformación: *Equipo de seguridad y maniobra***

Equipo de protección que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por:

- Banquillo aislante
- Par de guantes de amianto
- Extintor de eficacia 89B
- Una palanca de accionamiento
- Armario de primeros auxilios

268 €**Total importe de varios****1694.07 €****1.2.4 Presupuesto total del centro de transformación****Total importe obra civil****6576 €****Total importe aparamenta de MT****25143.2 €**

	Presupuesto
Total importe equipos de potencia	12418.8 €
Total importe equipos de BT	8962.8 €
Total importe sistema de tierras	899.87 €
Total importe de varios	1694.07 €
 Neto del presupuesto completo	 55694.74 €
 0.06% de imprevistos	 3341.68 €
 TOTAL PRESUPUESTO	 59036.42 €

1.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3: C.T. de intemperie de la est. de bombeo de la tubería TI-9

1.3.1 Presupuesto unitario del centro de transformación

1.3.1.1 Obra civil

1	Apoyo metálico de celosía de 12 m de altura con cruceta de hierro galvanizado tipo horizontal para sustentar los conductores de la línea aérea y herrajes de sustentación de la aparamenta y transformador, excavación y cimentación de hormigón H-200.	1346.27 €
Total importe obra civil		1346.27 €

1.3.1.2 Aparamenta de Media Tensión

1	Aparamenta de MT compuesta por 3 seccionadores unipolares de 630 A 24 kV, 3 fusibles con sus correspondientes bases c/c 400 A 24 kV calibre 25 A 25 kA, 3 autoválvulas 18 kV 10kA, y cadenas de amarre de aisladores EU40, totalmente instalado y comprobado.	2020.2 €
Total importe aparamenta de MT		2020.2 €

1.3.1.3 Equipo de potencia

1	Transformador 1: Transformador seco 24 kV
----------	--

Transformador trifásico reductor de tensión tipo intemperie (sobre poste) según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural en aceite, de tensión primaria 16 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 2.5%, +/- 5%. Se incluye la colocación y la conexión.	8029.5 €
Total importe equipos de potencia	8029.5 €

1.3.1.4 Aparamenta de Baja Tensión

1	Salida del transformador en 2 haces de cable trenzado unipolar XLPE 0.6/1 kV de 3x150/95 mm ² Al hacia el cuadro de baja tensión compuesto de un interruptor IV en carga mando por pértiga tipo P.T. 630 A 24 kV, y cartuchos fusibles tipo A.P.R. de 630 A, completamente instalado, ensayado y comprobado.	262.71 €
1	Salida del cuadro de baja tensión con cable de 3x400/240 mm ² Cu RZ1-K(AS) protegido en tubo de PVC para posteriormente tender en zanja directamente enterrado a tierra hasta el cuadro de contadores y posteriormente hasta la estación de rebombear.	95.37 €
1	Armario para equipo de medida situado en el exterior de 1400x600x2550 mm con todo el equipamiento dispuesto para medida.	3570 €
	Total importe obra civil	3928.08 €

1.3.1.5 Sistema de puesta a tierra

1	<p>Puesta a tierra para herrajes y masas formada por la línea de tierra que es el cable de cobre desnudo de 50 mm² que une los herrajes y elementos que deben quedar puestos a tierra; y el electrodo de puesta a tierra que estará constituido de picas de acero cobreado unidas formando un anillo alrededor del apoyo.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Anillo rectangular • Profundidad: 0.8 m • Número de picas: 8 • Longitud de picas: 4 m • Dimensiones el rectángulo: 6x6 m <p>Se incluye el montaje y la instalación.</p>	538.01 €
1	Puesta a tierra del neutro del transformador (con 6 picas en hilera)	

con conductor, soldaduras aluminotérmicas, arqueta, borne de comprobación y picas, totalmente terminada y comprobada. Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Picas alineadas • Profundidad: 0.5 m • Número de picas: 6 • Longitud de picas: 4 m • Distancia entre picas: 6 m 	230.63 €
Total importe sistema de puesta a tierra	768.64 €

1.3.2 Presupuesto total del centro de transformación

Total importe obra civil	1346.27 €
Total importe aparamenta de MT	2020.2 €
Total importe equipos de potencia	8029.5 €
Total importe equipos de BT	3928.08 €
Total importe sistema de tierras	768.64 €
 Neto del presupuesto completo	 16092.69 €
 0.06% de imprevistos	 965.56 €
 TOTAL PRESUPUESTO	 17058.25 €

2 PRESUPUESTO DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO

2.1 ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL

1	Cuadro de mando y protección de la estación de rebombeo cuyo armario es de 221x364x100 mm (altoxanchoxfondo) estanco, con puerta transparente, formado por 1 interruptor magnetotérmico 4x50 A, 2 diferenciales de 4x40 A 30 mA, 2 interruptores magnetotérmicos 2x6 A (emergencias), 3 interruptores magnetotérmicos 2x10 A, 3 interruptores magnetotérmicos 2x16 A, 1 interruptor magnetotérmico con bloque diferencial 3x20 A 30 mA, 1 interruptor magnetotérmico 3x40 A curva "D", 1 interruptor magnetotérmico 2x16 A curva "Z", montado según esquema unifilar, cableado, pequeño material, completamente instalado y comprobado.	1090.64 €
----------	---	------------------

1	Cuadro general de los equipos de bombeo, totalmente automatizado, con posibilidad de control manual o mediante un sistema de control externo, cuyo armario de 1500x4000x1000 mm estará dividido longitudinalmente en 6 partes iguales, cada una correspondiente a todo el equipamiento de un equipo de bombeo. En este apartado viene incluido todo el aparillaje correspondiente a 5 equipos de bombeo, ya que el 6º motor bomba se deja como bomba de reserva y para imprevistos, reservando el espacio en el armario para una posible futura ampliación. Cada equipo de bombeo estará constituido por 2 interruptores automáticos diferenciales 3x400 A 50 kA, térmico, magnético y diferencial todos regulables, 1 interruptor seccionador 3x400 A, 1 interruptor automático 3x100 A 50 kA térmico regulable, 2 guardamotor III con regulación térmica 1.6÷2.5, 1 guardamotor III con regulación térmica 4÷6.3 A, 1 contactor tripolar 400 A, 1 contactor tripolar especial para cargas de condensadores 40 kVAr, 4 contactores tripolar 6 A, 1 contactor tripolar 9 A, 1 arrancador electrónico suave trifásico para corriente nominales de motor de hasta 300 A, 1 transformador bifásico 400/48 V para alimentar los circuitos de mando, pulsadores, bornes, finales de carrera, temporizadores, amperímetros y voltímetros, montado según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	117133.95 €
1	Cuadro de mando y protección del puente grúa de 600x600x210 formado por 1 interruptor magnetotérmico con bloque diferencial 3x40 A curva "D" 300 mA, 1 disyuntor 3x32 A, 2 contactores tripolares 9 A, 2 contactores tripolares 12 A, 2 contactores tripolares 25 A, 1 relé térmico 2.6÷3.7 A, 1 relé térmico 5.5÷8 A, 1 relé térmico 17÷25 A, 1 transformador bifásico 400/48 V, pulsadores, bornes, finales de carrera, amperímetro y voltímetro, botonera, montado según esquema unifilar, cableado, pequeño material, completamente instalado y comprobado.	2892.69 €
2	Circuitos de emergencia con aparatos fluorescentes estancos 450 lum, señalización no permanente con 1 hora de autonomía, con baterías herméticas recargables, alimentación a 220 V, cumpliendo las normativas 60598-2-22 y 20392-93, replanteo conductores desde cuadro, montaje según esquema unifilar, pequeño material y conexionado, completamente instalado y comprobado.	1749.31 €
3	Circuitos de alumbrado formados por luminarias estancas fluorescentes de 2x36 W, conductor rígido de 1.5 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	1684.1 €
3	Circuitos de tomas de corriente monofásicas 16 A, conductor rígido de 2.5 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	304.03 €
1	Sistema de control encargado de controlar y accionar los equipos de bombeo para el correcto funcionamiento de toda la red de	

	bombeo en asociación con las otras estaciones de rebombeo. Es el punto al cual llegan los parámetros como presión, caudal... en los diferentes puntos de la tubería TI, así como el número de hidrantes en funcionamiento y en función de eso ejecuta unas órdenes que se traducen en el funcionamiento automático de los equipos de bombeo.	3000 €
1	Circuito de tomas de corriente trifásicas 32 A, conductor rígido de 4 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	98.23 €
	Total importe	128051.18 €

2.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa General

1	Cuadro de mando y protección de la estación de rebombeo cuyo armario es de 221x364x100 mm (altoxanchoxfondo) estanco, con puerta transparente, formado por 1 interruptor magnetotérmico 4x40 A, 2 diferenciales de 4x40 A 30 mA, 2 interruptores magnetotérmicos 2x6 A (emergencias), 2 interruptores magnetotérmicos 2x10 A, 2 interruptores magnetotérmicos 2x16 A, 1 interruptor magnetotérmico con bloque diferencial 3x20 A 30 mA, 1 interruptor magnetotérmico 3x40 A curva "D", 1 interruptor magnetotérmico 2x10 A curva "Z", montado según esquema unifilar, cableado, pequeño material, completamente instalado y comprobado.	962.69 €
1	Cuadro general de los equipos de bombeo, totalmente automatizado, con posibilidad de control manual o mediante un sistema de control externo, cuyo armario de 1500x2700x1000 mm estará dividido longitudinalmente en 4 partes iguales, cada una correspondiente a todo el equipamiento de un equipo de bombeo. En este apartado viene incluido todo el aparillaje correspondiente a 3 equipos de bombeo, ya que el 4º motor bomba se deja como bomba de reserva y para imprevistos, reservando el espacio en el armario para una posible ampliación futura. Cada equipo de bombeo estará constituido por 1 interruptor automático diferencial 3x200 A 36 kA, térmico y diferencial ambos regulables, 1 disyuntor 3x150 A con disparo magnético regulable, 2 disyuntores 3x4 A 100 kA, 1 interruptor magnetotérmico 3x40 A 50 kA, 1 guardamotor III con regulación térmica 4÷6.3 A, 1 contactor tripolar 150 A, 1 contactor tripolar de 63 A especial para cargas de condensadores, 4 contactores tripolar 6 A, 1 contactor tripolar 9 A, 1 relé térmico 90÷150 A, 2 relés térmicos 2.6÷3.7 A, 1 arrancador electrónico suave trifásico para corriente nominales de motor de hasta 100 A, 1 transformador bifásico 400/48 V para alimentar los circuitos de mando, pulsadores, bornes, finales de carrera, temporizadores, amperímetros y voltímetros, montado según	

	esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	37055.24 €
1	Cuadro de mando y protección del puente grúa de 600x600x210 formado por 1 interruptor magnetotérmico con bloque diferencial 3x32 A curva "D" 300 mA, 1 disyuntor 3x25 A, 1 disyuntor 3x6.3 A, 1 disyuntor 3x4 A, 1 contactor tripolar 32 A, 1 contactor tripolar 9 A, 1 contactor tripolar 6 A, 1 relé térmico 17÷25 A, 1 relé térmico 8÷11.5 A, 1 relé térmico 3.7÷5.5 A, 1 relé térmico 2.6÷3.7 A, 1 transformador bifásico 400/48 V, pulsadores, bornes, finales de carrera, amperímetro y voltímetro, botonera, montado según esquema unifilar, cableado, pequeño material, completamente instalado y comprobado.	3169.59 €
2	Circuitos de emergencia con aparatos fluorescentes estancos 450 lum, señalización no permanente con 1 hora de autonomía, con baterías herméticas recargables, alimentación a 220 V, cumpliendo las normativas 60598-2-22 y 20392-93, replanteo conductores desde cuadro, montaje según esquema unifilar, pequeño material y conexionado, completamente instalado y comprobado.	1637.98 €
2	Circuitos de alumbrado formados por luminarias estancas fluorescentes de 2x36 W, conductor rígido de 1.5 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	1332.65 €
2	Circuitos de tomas de corriente monofásicas 16 A, conductor rígido de 2.5 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	206 €
1	Sistema de control encargado de controlar y accionar los equipos de bombeo para el correcto funcionamiento de toda la red de bombeo en asociación con las otras estaciones de rebombeo. Es el punto al cual llegan los parámetros como presión, caudal... en los diferentes puntos de la tubería TI, así como el número de hidrantes en funcionamiento y en función de eso ejecuta unas órdenes que se traducen en el funcionamiento automático de los equipos de bombeo.	3000 €
1	Circuito de tomas de corriente trifásicas 32 A, conductor rígido de 4 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	88.66 €
	Total importe	47452.81 €

2.3 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9

1	Cuadro de mando y protección de la estación de bombeo cuyo armario es de 200x280x94 mm (altoxanchoxfondo) estanco, con puerta plena, formado por 1 interruptor magnetotérmico 4x20 A, 1 diferencial de 4x40 A 30 mA, 1 interruptores magnetotérmicos 2x6 A (emergencias), 2 interruptores magnetotérmicos 2x10 A, 2 interruptores magnetotérmicos 2x16 A, 1 interruptor magnetotérmico con bloque diferencial 3x20 A 30 mA, montado según esquema unifilar, cableado, pequeño material, completamente instalado y comprobado.	582.39 €
1	Cuadro general de los equipos de bombeo, totalmente automatizado, con posibilidad de control manual o mediante la programación de interruptores horarios digitales, cuyo armario de 1500x2200x1000 mm estará dividido longitudinalmente en 3 partes iguales, cada una correspondiente a todo el equipamiento de un equipo de bombeo. En este apartado viene incluido todo el aparallaje correspondiente a los 3 equipos de bombeo. Existe algunas diferencias entre los equipos de bombeo de las bombas MEG-MG y el equipo de bombeo de la bomba PM 80. En el equipamiento de la MEG-MG (hay 2 iguales) estará constituido por 1 interruptor automático diferencial 3x200 A 36 kA, térmico y diferencial ambos regulables, 1 interruptor automático 3x50 A 25 kA, 1 disyuntor 3x150 A con disparo magnético regulable, 2 disyuntores 3x2.5 A 100 kA, 1 guardamotor III con regulación térmica 2.5÷4 A, 1 contactor tripolar 185 A, 1 contactor tripolar de 63 A especial para cargas de condensadores, 4 contactores tripolar 6 A, 1 contactor tripolar 9 A, 1 relé térmico 90÷150 A, 2 relés térmicos 1.8÷2.6 A, 1 arrancador electrónico suave trifásico para corriente nominales de motor de hasta 135 A. En cuanto al equipamiento de la PM-80 se ha considerado 1 interruptor automático diferencial 3x63 A 36 kA, térmico y diferencial ambos regulables, 1 interruptor magnetotérmico 3x16 A 25 kA, 1 disyuntor 3x40 A con disparo magnético regulable, 2 disyuntores magnéticos 3x2.5 A, 3 contactores tripolares 50 A, 4 contactores tripolares 6 A, 1 contactor tripolar 18 A, 1 relé térmico 30÷40 A, 2 relés térmicos 1.8÷2.6 A. También hay que tener en cuenta los transformadores bifásicos 400/48 V para alimentar los circuitos de mando, pulsadores, bornes, finales de carrera, temporizadores, amperímetros y voltímetros, todo montado según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	35534.71 €
1	Circuito de emergencia con aparatos fluorescentes estancos 450 lum, señalización no permanente con 1 hora de autonomía, con baterías herméticas recargables, alimentación a 220 V, cumpliendo las normativas 60598-2-22 y 20392-93, replanteo conductores desde cuadro, montaje según esquema unifilar, pequeño material y conexionado, completamente instalado y comprobado.	1405.35 €
2	Circuitos de alumbrado formados por luminarias estancas fluorescentes de 2x36 W, conductor rígido de 1.5 mm ² Cu y	

	aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	986.94 €
2	Circuitos de tomas de corriente monofásicas 16 A, conductor rígido de 2.5 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	173.87 €
1	Circuito de tomas de corriente trifásicas 32 A, conductor rígido de 4 mm ² Cu y aislamiento 450/750 V, incluyendo cajas de conexiones estancas, pequeño material, cables hasta el cuadro de protección, según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	84.47 €
Total importe		38767.73 €

3 PRESUPUESTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO

3.1 ESTACIÓN DE REBOMBEO GENERAL

5	Grupo electrobomba horizontal centrifuga multicelular de 160 kW marca Caprari modelo PML 150/8 AB con válvulas de aspiración e impulsión motorizadas, relé control de nivel de líquido con sonda, relé detector de bajada brusca de presión, colector, tuberías, herrajes y accesorios, completamente instalado y comprobado.	39500 €
5	Condensador trifásico de 40 kVAr marca Legrand modelo Alpivar ² para conexión tipo estándar 400 V / 50 Hz, conectado a la automatización del equipo de bombeo según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	2306.25 €
5	Ventilador de 1.5 kW para control de la temperatura de la bomba conectado a la automatización del equipo de bombeo según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	500 €
Total importe		42306.25 €

3.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA Balsa General

3	Grupo electrobomba horizontal centrifuga multicelular de 55 kW marca Caprari modelo PML 150/3 C con válvulas de aspiración e impulsión motorizadas, relé control de nivel de líquido con sonda, relé detector de bajada brusca de presión, colector, tuberías, herrajes y accesorios, completamente instalado y comprobado.	12300 €
3	Condensador trifásico de 15 kVAr marca Legrand modelo Alpivar ² para conexión tipo estándar 400 V / 50 Hz, conectado a la automatización del equipo de bombeo según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	682.25 €
3	Ventilador de 1.5 kW para control de la temperatura de la bomba conectado a la automatización del equipo de bombeo según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	300 €
Total importe obra civil		13282.25 €

3.3 ESTACIÓN DE REBOMBEO DE LA TUBERÍA TI-9

2	Grupo electrobomba horizontal centrifuga multifásica de 75 kW marca Caprari modelo MEC-MR 100/3 con válvulas de aspiración e impulsión motorizadas, relé control de nivel de líquido con sonda, relé detector de bajada brusca de presión, colector, tuberías, herrajes y accesorios, completamente instalado y comprobado.	9400 €
2	Condensador trifásico de 20 kVAr marca Legrand modelo Alpivar ² para conexión tipo estándar 400 V / 50 Hz, conectado a la automatización del equipo de bombeo según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	361.25 €
2	Ventilador de 1.1 kW para control de la temperatura de la bomba conectado a la automatización del equipo de bombeo según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	170 €
1	Grupo electrobomba horizontal centrifuga multicelular de 15 kW marca Caprari modelo PM 80/8 C con válvulas de aspiración e impulsión motorizadas, relé control de nivel de líquido con sonda, relé detector de bajada brusca de presión, colector, tuberías, herrajes y accesorios, completamente instalado y comprobado.	1280 €

1	Condensador trifásico de 5 kVAr marca Legrand modelo Alpivar ² para conexión tipo estándar 400 V / 50 Hz, conectado a la automatización del equipo de bombeo según esquema unifilar, completamente instalado y comprobado.	147 €
Total importe obra civil		11358.25 €

9 de Mayo del 2012, Zaragoza

Alumno: Ricardo Balaguer Tarragó